HENRY GEE

O (*foarte*) SCURTĂ ISTORIE A VIEȚII PE PĂMÂNT

4,6
MILIARD
DE ANI
ÎN 12
CAPITOL

HENRY GEE

O (foarte) *SCURTĂ* ISTORIE A VIEȚII PE **PĂ**MÂNT

4,6 MILIARDE DE ANI ÎN 12 CAPITOLE

Traducere din limba engleză de

Louis Ulrich şi Tudor Ulrich

Editura Trei

2022

Autor: Henry Gee
Titlul original: A (Very) Short History of Life on Earth

Copyright © 2021

First published in 2021 by Picador an imprint of Pan Macmillan, a division of Macmillan Publishers International Limited

Copyright © Editura Trei, 2022 pentru prezenta ediție

O.P. 16, Ghişeul 1, C.P. 0490, Bucureşti
Tel.: +4 021 300 60 90 ; Fax: +4 0372 25 20 20
e-mail: comenzi@edituratrei.ro
www.edituratrei.ro

ISBN (print): 978-606-40-1522-8
ISBN (epub): 9786064019097

Editori:
Silviu Dragomir
Vasile Dem. Zamfirescu

Director editorial:
Magdalena Mărculescu

Redactare:
Domnica Drumea

Design şi ilustraţie copertă:
Andrei Gamarţ

Director producţie:
Cristian Claudiu Coban

Dtp:
Mirela Voicu

Corectură:
Oana Apostolescu

Conţinutul acestei lucrări electronice este protejat prin copyright (drepturi de autor), iar cartea este destinată exclusiv utilizării ei în scop privat pe dispozitivul de citire pe care a fost descărcată. Orice altă utilizare, incluzând împrumutul sau schimbul, reproducerea integrală sau parţială, multiplicarea, închirierea, punerea la dispoziţia publică, inclusiv prin internet sau prin reţele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informaţiei, altele decât cele pe care a fost descărcată, revânzarea sub orice formă sau prin orice mijloc, fără

consimțământul editorului, sunt interzise. Dreptul de folosință al lucrării nu este transferabil.
Drepturile de autor pentru versiunea electronică în formatele existente ale acestei lucrări aparțin persoanei juridice Editura Trei SRL.

În memoria lui Jenny Clack (1947-2020)
Mentor, prieten

1

Un cântec de foc şi gheaţă

A fost odată ca niciodată o stea uriaşă care era pe moarte. Arsese timp de milioane de ani, dar acum nu mai avea combustibil pe care să-l ardă în cuptorul de fuziune din miezul său. Steaua îşi crea energia de care avea nevoie ca să strălucească fuzionând atomi de hidrogen pentru a produce heliu. Dincolo de faptul că făcea steaua să strălucească, energia produsă prin fuziune era esenţială pentru a contracara propria atracţie gravitaţională a stelei. Când rezervele disponibile de hidrogen au început să scadă simţitor, steaua a început să fuzioneze heliu în atomi ai unor elemente mai grele, precum carbonul şi oxigenul. La acel moment însă steaua nu prea mai avea ce să ardă.

A venit şi ziua în care combustibilul s-a terminat complet. Gravitaţia a câştigat bătălia: steaua a făcut implozie. După milioanele de ani în care steaua arsese, colapsul a durat o fracţiune de secundă şi a declanşat o reacţie atât de explozivă, încât a luminat universul – o supernovă. Dacă a existat vreo formă de viaţă în propriul sistem planetar al stelei, ea a fost distrusă. Dar în cataclismul care a reprezentat moartea sa s-au născut germenii a ceva nou. Până şi elementele chimice mai grele, create în ultimele clipe ale vieţii stelei – siliciu, nichel, sulf şi fier – au fost împrăştiate de explozie în lung şi-n lat.

Milioane de ani mai târziu, unda de şoc gravitaţională a exploziei supernovei a traversat un nor de gaz, praf şi gheaţă. Întinderea şi comprimarea undei gravitaţionale au făcut ca norul să colapseze. Pe măsură ce se contracta, a început să se rotească. Atracţia gravitaţională a presat atât de mult gazul din centrul norului încât atomii au început să fuzioneze. Atomii de hidrogen au fost comprimaţi, formând heliu, creând lumină şi căldură. Cercul vieţii stelare era încheiat. Din moartea unei stele bătrâne a apărut o alta, proaspătă şi nouă – Soarele nostru.

*

Norul de gaz, praf şi gheaţă a fost îmbogăţit cu elementele create în supernovă. În plus, învârtindu-se în jurul noului Soare, el s-a coagulat într-un sistem de planete. Una dintre ele a fost Pământul nostru. Pământul nou-născut era foarte diferit de cel pe care îl cunoaştem

astăzi. Atmosfera era o masă cețoasă, alcătuită din metan, bioxid de carbon, vapori de apă şi hidrogen, irespirabilă pentru noi. Suprafața lui era un ocean de lavă topită, agitată în permanență de ciocnirile cu asteroizi, comete şi chiar cu alte planete. Una dintre acestea a fost Theia, o planetă cam de aceeaşi mărime cu actuala planetă Marte.[1] Theia s-a lovit oblic de Pământ şi s-a dezintegrat. Coliziunea a aruncat în spațiu mare parte din suprafața Pământului. Timp de câteva milioane de ani, planeta noastră a avut inele, precum Saturn. În cele din urmă, inelele s-au contopit pentru a forma o altă lume nouă – Luna.[2] Toate astea s-au întâmplat cu aproximativ 4 600 000 000 (4,6 miliarde) de ani în urmă.

Au trecut şi mai multe milioane de ani. Şi a venit ziua în care Pământul se răcise îndeajuns încât vaporii de apă din atmosferă să se condenseze şi să cadă sub formă de ploaie. A plouat milioane de ani, suficient de mult pentru a lua naştere primele oceane. Iar în afară de oceane nu exista nimic altceva – nu exista deloc uscat. Cândva o minge de foc, Pământul devenise o lume de apă. Nu că lucrurile s-ar mai fi calmat. Pe vremea aceea, Pământul se învârtea pe axa sa mai repede decât o face astăzi. Noua Lună se profila deasupra orizontului negru. Fiecare val care se forma era un tsunami.

*

O planetă este mai mult decât o adunătură de pietre. Cu timpul, orice planetă cu un diametru mai mare de câteva sute de kilometri se stratifică. Materialele mai puțin dense, precum aluminiul, siliciul şi oxigenul, se combină într-o spumă uşoară de roci aproape de suprafață. Materialele mai dense, precum nichelul şi fierul, coboară spre centru. Astăzi, miezul Pământului este o bilă de metal lichid care se roteşte. Miezul este menținut fierbinte de gravitație şi prin descompunerea unor elemente radioactive grele, precum uraniul, create în ultimele momente din existența vechii supernove. Deoarece Pământul se învârteşte, în centrul său se generează un câmp magnetic. Liniile acestui câmp magnetic traversează Pământul şi ajung până departe în spațiu. Câmpul magnetic protejează Pământul de vântul solar, o furtună constantă de particule energetice ce se revarsă din Soare. Aceste particule sunt încărcate electric şi, respinse de câmpul magnetic al Pământului, ricoşează sau plutesc în jurul Pământului şi în spațiu.

Căldura Pământului, radiind din miezul topit spre exterior, menține în permanență planeta sub presiune, exact ca o cratiță cu apă ce fierbe la foc mic pe aragaz. Căldura care se ridică la suprafață înmoaie

straturile suprapuse, rupând scoarța mai puțin densă, dar mai solidă, în bucăți şi, forțându-le să se separe, creează între ele oceane noi. Aceste bucăți, plăcile tectonice, sunt veşnic în mişcare. Ele se lovesc unele de altele, alunecă unele pe lângă altele sau se ascund unele sub altele. Mişcarea sapă tranşee adânci pe fundul oceanului şi ridică munți mult deasupra lui. Produce cutremure şi erupții vulcanice. Construieşte pământuri noi.

În timp ce munții sterpi erau împinşi către cer, vaste cantități de scoarță erau aspirate în adâncurile Pământului în tranşee oceanice abisale, la marginile plăcilor tectonice. Încărcată cu sedimente şi apă, această scoarță a fost trasă adânc în interiorul Pământului – doar pentru a reveni la suprafață în forme noi. Mâlul de pe fundul oceanului de la marginile continentelor dispărute ar putea să reapară, după sute de milioane de ani, în erupțiile vulcanice[3] sau să fie transformat în diamante.

*

În mijlocul acestui haos a luat naştere viața. Haosul a fost cel care a hrănit-o, a îngrijit-o, a făcut-o să se dezvolte şi să crească. Viața a evoluat în străfundurile oceanului, acolo unde marginile plăcilor tectonice s-au afundat în scoarță; şi unde, sub o presiune extremă, jeturi de apă fierbinte, bogată în minerale, au țâşnit din crăpăturile de pe fundul oceanului.

Primele viețuitoare nu au fost decât nişte membrane spongioase întinse peste golurile microscopice din roci. Ele s-au format atunci când curenții ascendenți au devenit turbionari şi, pierzând energie, şi-au deversat încărcătura de resturi[4] bogate în minerale în fisurile şi porii stâncilor. Membranele erau imperfecte, asemănătoare unor site şi, la fel ca acestea, au permis trecerea doar pentru anumite substanțe. Deşi erau poroase, mediul din interiorul membranelor a devenit mai calm, mai ordonat, diferit de vârtejul ce făcea ravagii în exterior. O cabană din bârne, cu acoperiş şi pereți, este întotdeauna un refugiu din calea furtunii arctice de afară, chiar dacă uşa se zgâlțâie în balamale şi ferestrele zăngăne. Membranele şi-au exploatat lipsa de etanşeitate, folosind găurile ca porți de intrare a energiei şi a substanțelor nutritive şi ca puncte de ieşire a reziduurilor.[5]

Protejate de zarva chimică a lumii exterioare, aceste piscine minuscule erau oaze de ordine. Încet-încet, ele au rafinat generarea energiei, utilizând-o pentru a crea mici bule, fiecare învelită în propria-i porțiune din membrana-mamă. Inițial fenomenul a fost aleatoriu, dar

treptat a devenit mai previzibil, ca urmare a dezvoltării unui model chimic intern care putea fi copiat şi transmis noilor generaţii de bule învelite în membrană. Asta a garantat că noile generaţii de bule erau cópii mai mult sau mai puţin fidele ale părinţilor lor. Bulele mai eficiente au început să prospere în detrimentul celor mai prost ordonate.

Aceste bule simple s-au trezit chiar la porţile vieţii întrucât au găsit o modalitate de a opri – chiar dacă temporar şi cu mare efort – creşterea altfel inexorabilă a entropiei, cantitatea netă a dezordinii din Univers. Aceasta este o proprietate esenţială a vieţii. Clăbucii de celule, precum bulele de săpun, s-au ridicat ca nişte mici pumni încleştaţi, sfidători, împotriva lumii lipsite de viaţă.[6]

*

Când vorbim despre viaţă, poate cel mai uluitor lucru – pe lângă însăşi existenţa sa – este cât de repede a luat naştere. Ea s-a ivit la numai 100 de milioane de ani de la formarea planetei, în adâncurile vulcanice, pe când tânărul Pământ continua să fie bombardat din spaţiu de corpuri suficient de mari încât să creeze uriaşele cratere de impact de pe suprafaţa Lunii.[7] Acum 3,7 miliarde de ani, viaţa se ridicase din întunericul neîntrerupt al oceanelor spre apele luminate de soare de la suprafaţă.[8]

În urmă cu 3,4 miliarde de ani, trilioane de corpusculi vii începuseră să se îngrămădească pentru a crea recife, structuri vizibile din spaţiu.[9] Viaţa pe Pământ lua avânt.

Însă aceste recife nu erau compuse din corali – care mai aveau de aşteptat aproape 3 miliarde de ani în viitorul Pământului. Recifele erau compuse din filamente verzui, subţiri ca firul de păr, şi fragmente de mâzgă alcătuite din organisme microscopice, numite cianobacterii – aceleaşi creaturi care formează astăzi depunerea albastru-verzuie de pe suprafaţa iazurilor. Ele s-au întins ca o pânză peste pietrele şi zonele plate de pe fundul mării, doar pentru a fi îngropate de nisip la următoarea furtună: dar punând din nou stăpânire asupra lor şi fiind din nou îngropate, construind movile asemănătoare unor perne de mâzgă şi sedimente stratificate. Aceste mase de forma unei movile, cunoscute sub numele de stromatoliţi, aveau să devină cea mai de succes şi mai rezistentă formă de viaţă care a existat vreodată pe această planetă, conducătorii absoluţi ai lumii timp de 3 miliarde de ani.[10]

*

Viața a început într-un spațiu care era cald[11], dar fără alte zgomote decât ale vântului şi ale mării. Vântul agita un aer aproape complet lipsit de oxigen. Fără niciun strat protector de ozon în atmosfera superioară, razele ultraviolete ale Soarelui sterilizau tot ce se afla deasupra suprafeței mării sau la mai puțin de câțiva centimetri sub suprafață. Pentru a se apăra, coloniile de cianobacterii au dezvoltat pigmenți care să absoarbă aceste raze dăunătoare. Odată absorbită, energia lor putea fi pusă la treabă. Cianobacteriile au folosit-o pentru a produce reacții chimice. Unele dintre acestea au contopit atomi de carbon, hidrogen şi oxigen pentru a crea zaharuri şi amidon. Acesta este procesul pe care îl numim „fotosinteză". Ceea ce era dăunător a fost transformat în ceva benefic.

La plantele de astăzi, pigmentul care colectează energie se numeşte clorofilă. Energia solară este folosită pentru a descompune apa în constituenții săi, hidrogen şi oxigen, eliberând şi mai multă energie pentru a antrena reacții chimice ulterioare. Dar în zilele de început ale Pământului, este foarte probabil ca materiile prime să fi fost minerale ce conțineau fier sau sulf. Totuşi cea mai bună materie primă a fost şi rămâne în continuare şi cea mai abundentă – apa. Exista însă o problemă. Deşeul ce rezultă din fotosinteza apei este un gaz incolor şi inodor care arde orice atinge. Acest gaz este una dintre cele mai mortale substanțe din univers. Numele lui? Oxigen liber sau O_2.

Pentru formele timpurii de viață, care evoluaseră într-un ocean şi într-o atmosferă eminamente lipsită de oxigen, asta era echivalentul unei catastrofe ecologice. Totuşi, privind lucrurile într-un sens mai larg, pe vremea când cianobacteriile făceau primele lor încercări de fotosinteză oxigenată – acum 3 miliarde de ani sau mai mult – rareori exista suficient oxigen liber cât să fie considerat mai mult decât un poluant minor. Însă oxigenul este o forță atât de puternică, încât până şi o urmă însemna un dezastru pentru viața care evoluase în absența sa. Aceste rafale de oxigen au provocat prima dintre numeroasele extincții în masă din istoria Pământului, generații întregi de viețuitoare fiind arse de vii.

*

Oxigenul liber a devenit mai abundent în timpul Marelui Eveniment de Oxidare, o perioadă turbulentă care se estimează că a avut loc în urmă cu 2,4 – 2,1 miliarde de ani în urmă, când, din motive încă neclare, concentrația de oxigen din atmosferă a crescut inițial brusc, ajungând la o valoare mai mare decât cea actuală de 21 %, după care s-

a stabilizat la puţin sub 2 %. Deşi încă irespirabil de mică după standardele moderne, acea concentraţie a avut un efect uriaş asupra ecosistemului.[12]

O creştere a activităţii tectonice a îngropat cantităţi enorme de detritus organic bogat în carbon – cadavrele multor generaţii de vieţuitoare – sub fundul oceanului. Asta l-a ferit de contactul cu oxigenul. Rezultatul a fost un surplus de oxigen liber care putea reacţiona cu orice atingea. Oxigenul coroda până şi rocile, transformând fierul în rugină şi carbonul în calcar.

În acelaşi timp, gaze precum metanul şi bioxidul de carbon au fost epurate din aer şi absorbite de abundenţa de roci nou formate. Metanul şi bioxidul de carbon sunt două dintre gazele ce intră în umplutura pufoasă a păturii izolatoare care păstrează Pământul cald. Ele contribuie la ceea ce numim „efectul de seră". În lipsa lor, Pământul a intrat în prima şi cea mai importantă dintre numeroasele sale ere glaciare. Gheţarii s-au răspândit de la un pol la altul, acoperind întreaga planetă cu gheaţă timp de 300 de milioane de ani. Şi totuşi, Marele Eveniment de Oxidare şi episodul ulterior, „Pământul de Zăpadă", au fost genul de dezastre apocaliptice în care viaţa pe Pământ a izbândit mereu. Multe vietăţi au murit, însă viaţa a fost pregătită să înfrunte următoarea sa revoluţie.

*

În primele două miliarde de ani din istoria Pământului, cea mai sofisticată formă de viaţă s-a bazat pe celula bacteriană. Celulele bacteriene sunt foarte simple, fie separate, fie lipite unele de altele în straturi pe fundul oceanului sau în filamentele lungi, răsucite, ale cianobacteriilor. În sine, fiecare este minusculă. Pe gămălia unui ac poate încăpea un număr de bacterii la fel de mare ca al petrecăreţilor care au mers la Woodstock, şi tot ar mai rămâne loc.[13]

La microscop, celulele bacteriene par simple şi banale. Această simplitate este înşelătoare. În ceea ce priveşte conduitele şi habitatele lor, bacteriile sunt foarte adaptabile. Ele pot trăi aproape oriunde. Numărul de celule bacteriene din (şi de pe) corpul uman este cu mult mai mare decât numărul celulelor umane din acelaşi corp. În ciuda faptului că unele bacterii cauzează boli grave, noi n-am putea supravieţui fără ajutorul bacteriilor ce trăiesc în intestinele noastre şi ne permit să digerăm hrana.

Iar pentru bacterii, interiorul corpului uman, în ciuda variaţiei sale mari de aciditate şi temperatură, este un loc plăcut. Există bacterii

pentru care temperatura unui ceainic care fierbe este ca o zi înmiresmată de primăvară. Există bacterii care prosperă pe țiței; pe solvenți, din pricina cărora oamenii se îmbolnăvesc de cancer; sau chiar în reziduuri nucleare. Există bacterii care pot supraviețui vidului din spațiu, extremelor violente de temperatură sau presiune şi îngropării în granule de sare – şi fac asta de milioane de ani.[14]

Deşi sunt mici, celulele bacteriene sunt extraordinar de sociabile. Diverse specii de bacterii se strâng laolaltă pentru a face schimb de substanțe chimice. Produsele reziduale ale unei specii ar putea însemna o masă pentru o alta. Stromatoliții – după cum am văzut, primele semne de viață vizibilă pe Pământ – au fost colonii ale unor tipuri diferite de bacterii. Bacteriile pot chiar să schimbe între ele porțiuni din propriile gene. Astăzi, acest comerț facil înseamnă că bacteriile pot deveni rezistente la antibiotice. Dacă o bacterie nu are o genă de rezistență la un anumit antibiotic, ea o poate alege din bazinul genetic disponibil al altor specii cu care împarte mediul.

Tendința bacteriilor de a forma comunități de specii diferite a fost cea care a condus la următoarea inovație evoluționistă importantă. Bacteriile au dus viața în grup la următorul nivel – celula nucleată.

*

La un moment dat, cu peste 2 miliarde de ani în urmă, mici colonii de bacterii au adoptat obiceiul de a trăi în interiorul unei membrane comune.[15] A început când o mică celulă bacteriană, numită archeon[16], a devenit dependentă de unele dintre celulele din jur pentru a obține nutrienți vitali. Această celulă minusculă şi-a întins filamentele către vecinii săi astfel încât să poată schimba mai uşor gene şi substanțe. Participanții la ceea ce fusese o comună liberă de celule au devenit tot mai interdependenți.

Fiecare membru s-a concentrat doar pe un anumit aspect al vieții.

Cianobacteriile s-au specializat în colectarea luminii solare şi au devenit cloroplaste – particulele de un verde strălucitor întâlnite acum în celulele plantelor. Alte genuri de bacterii s-au dedicat eliberării energiei din hrană şi au devenit minusculele celule energetice roz, numite mitocondrii, ce se întâlnesc la aproape toate celulele care au nuclei, fie că sunt plante, fie animale.[17] Indiferent de specializarea lor, toate îşi depozitează resursele genetice în archeonul central. Acesta a devenit nucleul celulei – biblioteca celulei, depozitarul informației genetice, memoria şi moştenirea ei.[18]

Această diviziune a muncii a făcut mult mai eficientă şi mai raţionalizată viaţa coloniei. Ceea ce fusese cândva o colonie dezlânată a devenit o entitate integrată, o nouă ordine a vieţii – celula nucleată sau „eucariotă". Organismele compuse din celule eucariote – fie singulare – unicelulare, fie mai multe laolaltă – multicelulare – se numesc „eucariote".[19]

*

Evoluţia nucleului a permis un sistem de reproducere mai organizat. În general, celulele bacteriene se reproduc divizându-se în două pentru a crea două copii identice ale celulei-părinte. Variaţia de la adăugarea de material generic suplimentar este fragmentară şi aleatorie.

La eucariote, în schimb, fiecare părinte produce celulele reproducătoare specializate ca vehicule ale unui schimb de material generic foarte bine dirijat. Gene de la ambii părinţi sunt contopite pentru a crea prototipul unui individ nou şi distinct, diferit de fiecare părinte. Numim acest schimb elegant de material genetic „sex".[20] Creşterea variaţiei genetice ca o consecinţă a sexului a dus la o creştere a diversităţii. Rezultatul a fost dezvoltarea unei bogăţii de tipuri diferite de eucariote şi, în timp, apariţia unor grupări de celule eucariote pentru a crea organisme multicelulare.[21]

Eucariotele au apărut, tăcut şi modest, cu aproximativ 1 850–850 de milioane de ani în urmă.[22] Cu aproximativ 1 200 de milioane de ani în urmă, ele au început să se diversifice în forme recognoscibile ca rude timpurii cu o singură celulă ale algelor şi fungilor şi ca microorganisme unicelulare – sau ceea ce obişnuim să numim „protozoare".[23] Pentru prima dată, ele s-au aventurat departe de mare şi au colonizat lacuri şi cursuri de apă dulce din interiorul uscatului.[24] Cruste de alge, fungi şi licheni[25] au început să împodobească ţărmurile cândva lipsite de viaţă.

Unele chiar au experimentat viaţa multicelulară, precum *Bangiomorpha*[26], alga marină cu o vechime de 1 200 de milioane de ani, şi *Ourasphaira*[27], fungusul cu o vechime de vreo 900 de milioane de ani. Au existat însă şi fenomene mai ciudate. Primele semne cunoscute de viaţă multicelulară sunt vechi de 2 100 de milioane de ani. Unele dintre aceste creaturi măsoară până la 12 centimetri în diametru, deci nu sunt câtuşi de puţin microscopice, dar au o formă atât de ciudată pentru ochiul nostru modern, încât legătura lor cu algele, fungii sau alte organisme este obscură.[28] Ele ar fi putut fi o formă de bacterii coloniale, însă nu putem elimina posibilitatea ca acolo să fi trăit cândva categorii întregi de organisme vii – bacteriene, eucariote sau ceva complet diferit –

care au murit fără să lase urmaşi şi pe care ne-ar fi, prin urmare, greu să le înţelegem.

*

Primele tunete ale furtunii care se apropia au venit în urma ruperii şi destrămării unui supercontinent, Rodinia. Acesta cuprindea toate masele continentale importante de la acea vreme.[29] Una dintre consecinţele acestei rupturi a fost o serie de epoci glaciare de genul celor care nu se mai văzuseră de la Marele Eveniment de Oxidare încoace. Ele au durat 80 de milioane de ani şi, la fel ca episodul precedent, au acoperit tot globul. Dar viaţa a răspuns din nou ridicându-se la înălţimea provocării.

Viaţa a intrat în luptă sub forma unei serii paşnice de alge de mare, alge, fungi şi licheni.

A ieşit viguroasă, schimbătoare şi pusă pe harţă.

Şi asta pentru că, dacă viaţa pe Pământ a fost făurită în foc, ea a fost călită în gheaţă.

2

Animalele se adună

Dezintegrarea supercontinentului Rodinia a început în urmă cu aproximativ 825 de milioane de ani şi a continuat timp de aproape 100 de milioane de ani, lăsând un inel de continente în jurul Ecuatorului. Ruperea a fost însoţită de erupţii vulcanice masive care au adus la suprafaţă enorme cantităţi de rocă vulcanică, o mare parte din ea fiind roca eruptivă numită bazalt. Bazaltul este erodat uşor de ploaie şi vânt, multe dintre masele continentale proaspăt desprinse se aflau la tropice, unde căldura şi umiditatea mai mare fac eroziunea deosebit de intensă.

Intemperiile nu numai că au împrăştiat bazalt în oceane, ci au şi scufundat cantităţi imense de sedimente conţinând carbon în adâncuri, unde au fost ferite de contactul cu oxigenul. Când carbonul poate fi oxidat pentru a forma bioxid de carbon, Pământul este încălzit de efectul de seră. Dar în momentul în care carbonul este îndepărtat din atmosferă, efectul de seră încetează şi Pământul se răceşte. Acest dans al carbonului, oxigenului şi bioxidului de carbon avea să imprime un ritm în istoria ulterioară a Pământului şi a vieţii care avansa lent pe suprafaţa lui.

Rezultatul erodării fragmentelor Rodiniei a fost că, acum aproximativ 715 milioane de ani, Pământul a fost aruncat într-o serie de ere glaciare la scară globală, care au durat în jur de 80 de milioane de ani.

La fel ca în timpul episodului ce a urmat Evenimentului Marii Oxidări, cu mai bine de un miliard de ani în urmă, aceste ere glaciare au impulsionat evoluţia. Ele au pregătit terenul pentru apariţia unui gen nou, mai activ, de eucariote – animalele.[1]

*

Carbonul deversat în mare a pătruns într-un ocean care, cu excepţia unui strat subţire aflat aproape de suprafaţă, în contact cu atmosfera, nu conţinea aproape deloc oxigen. Pe de altă parte, concentraţia de oxigen din atmosferă nu reprezenta mai mult de o zecime din valoarea sa actuală, ba chiar mai puţin în suprafaţa luminată de soare a oceanului. Era prea mică pentru a susţine orice animal întrecea în mărime punctul de la sfârşitul acestei propoziţii.

Au existat însă unele animale care au reuşit să subziste cu cantităţi infime de oxigen. Aceştia au fost bureţii (spongierii). Bureţii au apărut acum aproximativ 800 de milioane de ani[2], pe când Rodinia începea să se destrame.

Bureţii au fost şi sunt animale foarte simple. Deşi larvele de bureţi sunt mici şi mobile, bureţii adulţi rămân într-un singur loc toată viaţa. Un burete adult are o alcătuire simplă, fiind doar o masă informă de celule străbătute de mii de găuri, canale şi spaţii mici. Celulele care căptuşesc aceste spaţii atrag curenţi de apă prin mişcarea unor extensii subţiri, precum firele de păr, numite cili. Alte celule absorb detritus din curentul de apă. Bureţii nu au organe sau ţesuturi distincte. Un burete viu trecut printr-o sită şi pus înapoi în apă se va recompune într-o formă diferită, dar la fel de vie şi la fel de funcţională. Este o viaţă simplă care necesită puţină energie – şi puţin oxigen.

Nu există însă niciun motiv pentru a dispreţui ceea ce e simplu. După ce s-au instalat, primii bureţi au schimbat lumea.

Bureţii care trăiau printre covoarele de mâzgă ce acopereau fundul oceanelor filtrau particule de materie din apă. Volumul de apă trecut printr-un singur burete într-o zi era mic, dar miliardele de bureţi, timp de zeci de milioane de ani, au avut un impact imens. Munca lentă şi constantă a bureţilor a dus la o şi mai mare acumulare de carbon pe fundul mării, indisponibil pentru reacţia cu oxigenul. În plus, bureţii au curăţat apa din jurul lor de detritusul care altfel ar fi fost digerat de bacteriile de putrefacţie ce absorb oxigenul. Rezultatul a fost o creştere lentă a cantităţii de oxigen dizolvat în mare şi în aerul aflat imediat deasupra ei.[3]

*

Mult deasupra bureţilor, meduzele şi mici animale asemănătoare cu viermii consumau eucariotele mai mici şi bacteriile din plancton – regiunea însorită a mării cea mai apropiată de suprafaţă.[4] La suprafaţa apelor exista mai mult oxigen cu care să înceapă, dar, odată moarte, corpurile bogate în carbon ale creaturilor din plancton, în loc să rămână suspendate în apă, se duceau mai repede la fund, iar în felul acesta şi mai mult carbon era ferit de contactul cu oxigenul molecular. Fapt care, la rândul său, a permis acumularea unei cantităţi mai mari de oxigen în ocean şi în atmosferă.

Deşi suficient de mari încât unele să fie vizibile fără ajutorul unui microscop, multe dintre creaturile ce compuneau planctonul erau suficient de mici încât nutrienţii şi reziduurile să poată intra şi ieşi cu

uşurinţă din corpurile lor. Cele care erau puţin mai mari au creat un loc pe unde să intre nutrienţii şi apoi să iasă reziduurile. Acel loc a fost gura, deşi ea a îndeplinit o sarcină dublă, servind şi ca anus.

Dezvoltarea unui anus distinct la unele specii de viermi, altfel banali, a dus la o revoluţie în biosferă. Pentru prima dată, reziduurile au fost concentrate în pelete solide, în locul unor excremente dizolvate. Aceste fecale s-au scufundat repede pe fundul mării, în loc să se împrăştie încet, iar asta a dus la o adevărată cursă către adâncuri. Agenţii absorbanţi de oxigen ai descompunerii au început să-şi concentreze eforturile aproape de fundul mării şi mai puţin de-a lungul coloanei de apă. Cândva tulburi şi stătătoare, mările au devenit mai limpezi şi tot mai bogate în oxigen – suficient pentru a permite evoluţia unor forme de viaţă mai mari.[5]

Dezvoltarea anusului a mai avut o consecinţă. Animalele cu gura la un capăt şi anusul la celălalt au o direcţie de deplasare distinctă – un „cap" în faţă şi o „coadă" în spate. La început, aceste animale au trăit adunând resturi de pe covorul gros de mâzgă care acoperise fundul oceanului mai bine de două miliarde de ani.

Apoi au început să scormonească pe sub mâzgă. După care au mâncat mâzga însăşi. Domnia incontestabilă a stromatoliţilor se încheiase.

Şi când animalele au terminat de mâncat toată mâzga, au început să se mănânce unele pe altele.

*

Mai rămânea de înfruntat mica problemă a glaciaţiunii mondiale. Dar schimbarea evolutivă se hrăneşte cu adversitate. Algele marine au înflorit, oferind primelor animale o mâncare mai hrănitoare decât bacteriile.[6]

Şi s-ar putea ca viaţa animală să fi devenit tot mai complexă datorită severităţii glaciaţiunilor Pământului de Zăpadă. Urmând maxima potrivit căreia ce nu te omoară te face mai puternic, la începuturile ei, viaţa animală a trebuit să fie rezilientă pentru a supravieţui celei mai solicitante perioade de adversitate din istoria sa. Odată ce glaciaţiunile s-au retras – aşa cum au făcut în cele din urmă toate glaciaţiunile din istoria Pământului – ele au lăsat viaţa animală mai flexibilă, mai vicleană şi pregătită să accepte orice îi arunca Pământul în faţă.

*

Viața animală a devenit vizibilă în urmă cu aproximativ 635 de milioane de ani, în perioada cunoscută sub numele de Ediacaran. Această primă perioadă de prosperitate a vieții animale complexe a însemnat o înflorire a unor forme frumoase, asemănătoare frunzelor de palmier, multe dintre ele sfidând orice încadrare într-o categorie.[7] Deşi unele erau animale, altele s-ar putea să fi fost licheni ori fungi sau creaturi coloniale de înrudire incertă – sau ceva atât de străin încât ne lipseşte orice mijloc de comparație.

Una dintre acestea, o creatură extrem de frumoasă, numită *Dickinsonia*, era mare, dar plată ca o clătită şi segmentată. Este uşor să ne-o imaginăm alunecând grațios peste sedimente, cam aşa cum fac astăzi viermii plați sau limacşii-de-mare.[8] O altă fosilă numită *Kimberella* s-ar putea să fi fost o rudă foarte timpurie a moluştelor.[9] Altele, rangeomorfele, sunt şi mai greu de clasificat. Ele semănau cu nişte pâini împletite şi rămâneau probabil într-un singur loc în decursul vieții lor, deşi – asemenea căpşunilor – dădeau naştere unei noi colonii în jurul părintelui.[10] Lumea acestor creaturi stranii şi ciudat de frumoase era placidă şi liniştită. Ele trăiau în mări puțin adânci, printre algele din apropierea țărmurilor.[11]

*

Creaturile de la începutul Ediacaranului tindeau să fie de acest gen, cu corpul moale, în formă de frunză. Creaturile ce aduceau mai mult cu un animal şi care s-ar fi putut deplasa au apărut ceva mai târziu, acum aproximativ 560 de milioane de ani – alături de fenomenul larg răspândit, cunoscut sub numele de urme fosile. Urmele fosile nu sunt impresiuni ale creaturilor însele, ci semne ale activităților lor. Ele includ amprente şi vizuini. Urmele fosile sunt la fel de interesante ca urmele de paşi ale unor criminali care tocmai au părăsit locul crimei. Dacă analizăm o urmă de paşi, putem spune ceva despre constituția criminalilor, ba chiar şi despre intenția lor. Dar nu putem spune nimic despre, să zicem, hainele pe care le purtau sau armele pe care le aveau asupra lor. Pentru asta ar trebui să prindem criminalul în flagrant delict. Rar, foarte rar, putem face acelaşi lucru cu urmele fosile. Este cazul unei fosile numite *Yilingia spiciformis*, care a trăit chiar la sfârşitul Ediacaranului. La capătul propriilor trasee sunt descoperite uneori specimene care aduc cu genul de viermi segmentați pe care îi folosesc astăzi pescarii drept momeală.[12]

Aceste urme sunt de o importanță incomensurabilă. Ele reprezintă un ecou sau o imagine remanentă a unui moment din evoluție când

animalele au început să se deplaseze. Până atunci, creaturile fuseseră de regulă înrădăcinate într-un singur loc, cel puțin pentru o parte a ciclului lor de viață. Dârele și urmele sunt aproape întotdeauna lăsate de animalele obișnuite cu mișcarea direcționată, musculară. Dacă sursele de hrană sunt peste tot în jur, nu este nevoie să te duci să o cauți cu precădere într-un loc și nu în altul. Dacă însă un animal are o direcție de deplasare distinctă, cu o gură la un capăt, de regulă caută ceva, iar acel ceva este hrana. La un moment dat, pe la jumătatea Ediacaranului, animalele au început să se mănânce unele pe altele. Și odată ce s-a întâmplat asta, au început și să găsească modalități de a evita să fie mâncate.

Un animal care își construiește vizuina în noroi trebuie să aibă un corp compact și rezilient care să-i permită să penetreze sedimentul. Există diverse căi de a face asta. Corpul unui animal de vizuină poate fi susținut de un schelet intern, cum ar fi, să zicem, la un terrier Jack Russell; sau de un schelet extern, cum ar fi, să zicem, la un crab. Scheletele externe tind să fie la început moi și flexibile (ca la crevete), dar pot deveni tari și mineralizate (ca la homar). O altă modalitate este să-și structureze corpul sub forma unei serii de segmente repetate, fiecare plin de fluid, și separate de segmentele de dinainte și de după el printr-un fel de perete despărțitor. Dacă segmentele sunt acoperite de un tub extern dur de mușchi, poți în principiu să pătrunzi în sol exercitând o presiune asupra lui. Și dacă te miști în jur în felul acesta, atunci ești o râmă.

Rudele marine ale râmelor fac cam același lucru, dar multe dintre ele au pe fiecare segment excrescențe flexibile asemănătoare unor membre care le ajută să se îngroape, să vâslească prin apă sau să se târască la suprafață. Unele dintre cele mai vechi urme animale fosilizate, cum sunt cele de *Yilingia spiciformis*, ar fi putut fi produse de viermi ca acesta.

*

Animalele precum viermii segmentați au o structură mult mai sofisticată decât meduzele sau chiar decât viermii plați foarte simpli. Iar diferența crucială este că ei au și intestine, și straturi protectoare exterioare.

Practic, meduzele și viermii plați simpli nu au măruntaie. Intestinele lor sunt buzunare interioare ale suprafeței, conexiunea lor cu exteriorul servind atât ca gură, cât și ca anus. Animalele mai complexe, în schimb, au un tub digestiv cu o gură la un capăt și un anus la celălalt. Ele pot

avea şi cavităţi interne ce separă tubul digestiv de suprafaţa exterioară. Acesta este spaţiul în care se pot dezvolta organele interne.

În general, animalelor din categoria meduzelor le lipseşte un astfel de spaţiu de stocare. Prezenţa spaţiului intern înseamnă că suprafaţa externă şi creşterea intestinului nu mai sunt legate între ele, permiţând dezvoltarea unor intestine mari şi complexe şi o dimensiune mai mare, în general. Intestinele mari şi dimensiunea mare sunt utile dacă principala ta ocupaţie este să-ţi mănânci tovarăşii.

Dacă asta este ocupaţia ta, vei avea nevoie de dinţi. Şi dacă vrei să eviţi să fii mâncat, vei avea nevoie de o armură. Animalele din Ediacaranul edenic erau în general moi, spongioase şi lipsite de apărare. Exilul din Eden a fost crud şi nemilos – şi declanşat de o altă mare prefacere din istoria Pământului.

*

S-a întâmplat în timpul unei alte perioade de eroziune puternică provocată de intemperii, chiar la sfârşitul Ediacaranului. Scoarţa Pământului a primit o asemenea lovitură din partea vremii neprielnice, încât o mare parte din suprafaţa solului a fost erodată, dezintegrată până la roca de bază şi deversată în mare. Acest fapt a avut două efecte: primul, nivelul mării a crescut considerabil, inundând coastele şi creând mai mult spaţiu pentru viaţa marină. Al doilea a fost apariţia bruscă în mare a unor elemente chimice, precum calciul, un ingredient esenţial pentru cochilii şi schelete.[13]

Cele mai vechi schelete mineralizate au o vechime de aproximativ 550 de milioane de ani şi au aparţinut unui animal numit *Cloudina*. Arătau ca nişte stive de conuri de îngheţată foarte mici, vârâte unul în altul.[14] Fosile de C*loudina* se găsesc în toată lumea şi unele dintre ele prezintă dovezi că au fost găurite deja la acea dată de un prădător necunoscut, dar cu o limbă ascuţită.[15] Puţin mai târziu, cam acum 541 de milioane de ani, o urmă fosilă numită *Treptichnus* apare pe scară largă în registrul fosil. *Treptichnus* este un soi specific de vizuină pe fundul mării, construită de animale necunoscute. Ea marchează începutul perioadei Cambrian şi cea de-a doua mare înflorire a vieţii animale – animale care îşi făceau vizuini, înotau, se luptau şi se mâncau unele pe altele. Ele aveau schelete dure, consolidate cu compuşi de calciu. În plus, aveau dinţi.

Probabil cele mai cunoscute animale din perioada cambriană sunt trilobiţii. Aceştia erau artropode[16] – animale cu membre articulate – care arătau mai degrabă ca păduchii de lemn. Erau des întâlniţi în mări de la

începutul Cambrianului până în Devonian, când au intrat în declin. În cele din urmă, au dispărut la sfârşitul Permianului, acum 225 de milioane de ani.

Trilobiţii sunt fosile relativ comune. Orice culegător de roci are cel puţin unul în colecţia sa, dar familiaritatea şi omniprezenţa lor nu ar trebui să ne facă să-i subestimăm. Trilobiţii au fost extrem de frumoşi şi la fel de complecşi ca orice animal viu din ziua de azi. Aveau exoschelete de care se puteau debarasa, năpârlind pe măsură ce creşteau, aşa cum fac artropodele astăzi, de la cele mai mici musculiţe până la cei mai mari homari. Probabil cei mai remarcabili erau ochii lor, fiecare o colecţie de zeci, poate sute de faţete individuale, precum ochii unei libelule. Fiecare faţetă a fost prezervată în fosile sub formă de carbonat de calciu cristalin. A existat variaţie, evident: unii trilobiţi aveau ochi enormi, pe când alţii erau orbi; unii trilobiţi s-au specializat în a scormoni pe fundul mării, pe când alţii erau mai buni înotători.

Dar viaţa în Cambrian nu a însemnat doar trilobiţi.

*

Într-o zi, în urmă cu aproximativ 508 milioane de ani, în Columbia Britanică de astăzi, o alunecare de teren a dus o parte din fundul oceanului la adâncimi mai mari – împreună cu tot ce trăia în, pe sau deasupra lui. Animalele au fost îngropate intacte, în condiţii aproape lipsite de oxigen. Această înmormântare rapidă a garantat că animalele au rămas întregi. Până şi detalii fine ale ţesuturilor lor moi s-au păstrat aproape intacte în următoarea jumătate de miliard de ani. Între timp, rocile au fost comprimate, foarte încet, în şisturi şi, în ultimele aproximativ 50 de milioane de ani, s-au ridicat din oceane pentru a se număra printre cele mai înalte vârfuri din America de Nord, unde, din 1909, când au fost descoperite, au devenit cunoscute sub numele de Şistul Burgess. Creaturile îngropate în el reprezintă un instantaneu rar al vieţii pe fundul mării în perioada cambriană.

Şi ce menajerie avem aici! O cavalcadă de membre ţepoase, articulate, gheare zgomotoase şi antene pufoase, toate ataşate unor animale obscur înrudite cu crustaceele, insectele şi păianjenii de astăzi. Unele dintre aceste creaturi erau foarte stranii chiar şi în contextul diversităţii exuberante al artropodelor contemporane. Exista *Opabinia*, cu cei cinci ochi peţiolaţi ai săi şi fălcile sale ciudate, aşezate la capătul unui cioc flexibil asemănător cu un furtun.

Exista *Anomalocaris*, un prădător lung de un metru, ce străbătea adâncurile în căutare de pradă pe care s-o poată îndesa în gura sa circulară, ca un tocător de gunoi, cu cleştii ei ascuţiţi.[17]

Şi cel mai important, *Hallucigenia*, o creatură asemănătoare viermilor ce se târa pe fundul mării, protejată în partea de sus de rândul dublu de spini lungi şi masivi pe care îi avea pe spate.

În timp ce artropodele se târau pe fundul mării sau înotau deasupra lui, o lume de basm a viermilor fojgăia în mâlul de dedesubt.

Multe dintre creaturile descoperite în Şistul Burgess sunt doar vag înrudite cu animale existente în zilele noastre.[18] Cu toate acestea, putem distinge cu care dintre numeroasele grupuri majore de animale este înrudită fiecare fosilă, chiar dacă doar ca un văr îndepărtat şi excentric. Pe lângă artropode – în sensul lor cel mai larg, inclusiv *Hallucigenia* şi fosilele ce arată ca „viermii catifelaţi" moderni care se plimbă prin frunzişul ce acoperă solul pădurii tropicale, fiecare arătând ca un vierme de pământ, dar cu picioare scurte şi butucănoase, ca ale omuleţului Michelin –, au existat câteva animale care erau înrudite cu diverse feluri de viermi ce îşi fac vizuina în nămol.

Ceea ce se poate spune pentru artropode este valabil şi pentru moluşte, care sunt pe atât de moi pe cât sunt artropodele de ţepoase, cel puţin la interior. *Wiwaxia* combina corpul unui vierme segmentat cu limba ca un corn (radula) a unei moluşte – aceeaşi radula care, la melcii moderni, face ravagii printre lăptucile din grădinile voastre. Totul îmbrăcat într-un costum de zale cum nu se poate mai diferit de aspectul unui melc.[19] Un alt animal cu radula, dar care altfel arăta ca un pat gonflabil încrucişat cu o râşniţă de cafea, a fost *Odontogriphus*. Şi acesta a fost o rudă a primelor moluşte.[20]

În altă parte, a existat *Nectocaris,* o creatură foarte primitivă, fără cochilie, asemănătoare cu un calamar şi cel mai vechi membru cunoscut al moluştelor cefalopode.[21] Astăzi, acest grup include una dintre cele mai inteligente şi mai ciudate dintre toate nevertebratele, caracatiţa, şi pe cea mai mare dintre ele, calamarul colosal. Istoria fosilă a cefalopodelor este la fel de grandioasă cum sugerează reprezentanţii ei moderni, odată cu evoluţia – la scurtă vreme după *Nectocaris* – a nautiloidelor, calamari cu cochilii în formă de trompetă, lungi de câţiva metri; şi, în cele din urmă, în era dinozaurilor, a amoniţilor spiralaţi, dintre care unii au ajuns la dimensiunea unor roţi de camion, ce străbăteau graţios oceanele.

De la descoperirea Şistului Burgess încoace, au fost găsite depozite similare, de vârste în mare parte similare. Ele includ fauna Chengjiang din sudul Chinei şi se întind pe tot globul, din sudul Australiei până în

nordul Groenlandei. Toate sunt remarcabile prin fidelitatea prezervării fosilelor lor, până în cele mai fine detalii. Fosila chinezească *Fuxianhuia*, asemănătoare cu o crevetă, de exemplu, este cunoscută atât de detaliat, încât este posibil să-ți dai seama de conexiunile nervoase din creierul ei.[22]

*

O asemenea conservare extraordinară este extrem de rară. Ea este rezultatul unui asalt perfect de circumstanțe geologice şi biochimia înhumării. În aproape toate cazurile când se descoperă fosile, ele reprezintă doar părțile dure, deja infuzate cu minerale: mai degrabă cochilii, oase şi dinți decât nervi, branhii sau intestine. Fosile de aproximativ aceeaşi vârstă cu cele din Şistul Burgess erau cunoscute de foarte multă vreme, dar toate sunt de genul dur şi calcaros: o moştenire a infuziei bruşte de minerale în mare la sfârşitul Ediacaranului, care a permis animalelor să se îmbrace într-o armură.

Cu excepția originii vieții înseşi, înflorirea formelor de viață care au apărut în Cambrian pe parcursul a doar 56 de milioane de ani nu a fost egalată de nimic din ce s-a petrecut înainte – şi, trebuie spus, nici de atunci încoace. Cu toate că 56 de milioane de ani înseamnă o lungă perioadă de timp, următorii 485 de milioane de ani au înregistrat doar elaborări pe teme bine lucrate. Înseamnă, de pildă, mai puțin decât intervalul de 66 de milioane de ani care s-au scurs din momentul dispariției dinozaurilor.

Nu degeaba această revoluție seismică în evoluție a devenit cunoscută sub numele de „explozia" cambriană. Cu toate acestea, ea a fost mai puțin o detonare bruscă decât un huruit lent: a început cu destrămarea Rodiniei, cu evoluția şi eclipsa faunei ediacarane, de o frumusețe stranie, şi a continuat până în urmă cu aproximativ 480 de milioane de ani.[23]

*

Către sfârşitul perioadei cambriene, toate grupele importante de animale existente şi astăzi îşi făcuseră apariția în registrul fosilelor.[24] Nu doar artropodele şi diversele tipuri de viermi, ci şi echinodermele (animale cu pielea acoperită cu țepi, precum aricii-de-mare) şi vertebratele (animale cu coloană vertebrală, care ne includ şi pe noi). Una dintre cele mai timpurii a fost *Metaspriggina*, asemănătoare cu un peşte, întâlnită în Şistul Burgess. În loc să aibă o armură exterioară de

calcit, ea avea o coloană vertebrală internă, flexibilă, de care erau prinşi muşchi puternici. O ajuta să înoate cu rapiditate, pentru a evita cursa coşmarescă în care era vânată de artropode gigant precum *Anomalocaris*.

Metaspriggina a fost unul dintre primii peşti care şi-au făcut intrarea în registrul fosil. Iar istoria lui poate fi regăsită în capitolul următor.

3

Apare coloana vertebrală

Pe măsură ce oceanele calde, puțin adânci ale Cambrianului timpuriu se umpleau de zgomotul ascuțit scos de cleştii artropodelor, în mlaştina nisipoasă de granule minerale de dedesubt se puneau la cale alte evenimente. O micuță creatură numită *Saccorhytus*, nu mai mare decât un vârf de ac, ducea o viață modestă, filtrând detritusul din apa dintre granule.[1] Hrănirea prin filtrare nu era deloc nouă – bureții o făceau de 300 de milioane de ani –, iar multe alte creaturi, precum scoicile, o reinventau. Cernerea sedimentelor pentru a găsi bucățele comestibile este un mijloc ieftin şi eficient de a trăi, mai ales pentru animalele mici, cu cerințe metabolice reduse. *Saccorhytus* era tocmai un astfel de animal.

De forma unui cartof, deşi mult mai mic, *Saccorhytus* avea la un capăt o gură mare, circulară, gata să primească un curent de apă ce trecea printre rândurile de cili unduitori ca printr-un burete. De o parte şi de alta a ei se întindea un şir de pori, asemenea hublourilor unui vapor, prin care ieşea apa filtrată. În interior, rețele de mucus lipicios rețineau particulele de detritus din curentul de apă. Aproape tot interiorul lui *Saccorhytus* era dedicat acestui aranjament gură-şi-hublouri, cunoscut sub numele de faringe. Mucusul era rulat ca o funie şi înghițit de un intestin. Acesta, împreună cu restul viscerelor animalului, era înghesuit într-un spațiu relativ mic din spate. Anusul era intern, iar fecalele erau eliminate prin hublouri, împreună cu sperma sau ovulele expulzate de către părinte pentru a-şi încerca şansele în lumea exterioară.

*

Dar *Saccorhytus* era altminteri neajutorat, pradă capriciilor mediului său, la fel ca granulele minerale printre care trăia. Nenumărate animale erau fără îndoială înghițite de organisme nepretențioase ce se hrănesc prin filtrare, precum bureții sau scoicile, chiar dacă ele nu meritau atenția prădătorilor mai mari. Unii dintre descendenții lui *Saccorhytus* au evoluat, devenind mai mari, mai mobili, blindați şi aprigi – sau o combinație din toate acestea.

Pentru un animal, a fi mai mare înseamnă că este mai puțin probabil să fie înghițit întreg – deşi ar putea risca să fie ciugulit bucată cu bucată. Pentru a evita această soartă, unele animale au dezvoltat armuri. Multe altele făcuseră deja asta, întărindu-şi straturile exterioare cu carbonat de calciu pe care l-au extras din mările bogate în minerale. Carbonatul de calciu este unul dintre mineralele cele mai comune – intră în compoziția calcitului, cretei, calcarului şi marmurei. Mările cambriene erau bogate în carbonat de calciu care, atunci când este modelat de vieţuitoare, devine sidef: cochiliile scoicilor şi crustaceelor, spiculele microscopice ale bureților şi armătura pe care se construiesc formele fantastice ale recifelor de corali.

Unii dintre moştenitorii blindați ai *Saccorhytus* şi-au creat propriile costume specifice de zale, fiecare inel fiind sculptat dintr-un singur cristal de calcit. Au devenit astfel echinoderme – cele cu pielea spinoasă – strămoşii stelelor-de-mare şi ai aricilor-de-mare din ziua de azi. Toate echinodermele moderne au o formă distinctă a corpului, bazată pe numărul cinci, complet diferită de a oricărui alt animal. În Cambrian însă, formele lor au fost mult mai variate. Deşi unele au avut o simetrie bilaterală, câteva au fost triradiale (cu o simetrie bazată pe numărul trei), iar altele, complet neregulate. Punctul de pornire a fost faringele gură-şi-hublouri al *Saccorhytus*, deşi acesta a fost înlocuit în timp de alte moduri de hrănire. Niciun echinoderm modern nu se hrăneşte în felul acesta.

*

Prin urmare, echinodermele au optat pentru o strategie de apărare blindată împotriva prădătorilor. O altă soluție este fuga – să te îndepărtezi de un atacator înotând cât de repede poți. Această soluție a fost adoptată de altă ramură de descendenți ai *Saccorhytus*. Unii dintre aceştia au împins afară o coadă şfichiuitoare din capătul din spate al faringelui, care să-i ajute să se îndepărteze – rapid – de orice potențială amenințare.

Inițial, aceasta a fost o tijă lungă, rigidă, dar flexibilă, care a evoluat dintr-o ramificație a intestinului. Ne putem imagina structura respectivă, numită notocord, ca pe unul dintre acele baloane de forma unui cârnat pe care, la petreceri, animatorii le răsucesc creând forme uluitoare. Deşi foarte flexibil, atunci când nu era sub presiune, notocordul putea reveni la forma inițială, lungă şi îngustă. Această proprietate îl făcea adecvat pentru ancorarea pe fiecare parte a unor rânduri de muşchi care se contractau şi se relaxau alternativ,

proiectând astfel corpul animalului într-o succesiune de curbe în formă de S şi propulsându-l prin apă. Muşchii erau coordonaţi de ramificaţiile distanţate regulat ale unui nerv care mergea de-a lungul suprafeţei superioare – măduva spinării.

Animalele cambriene numite vetulicolieni sunt foarte apropiate de această descriere.[2] Un vetulicolian, lung de doar câţiva centimetri, are un faringe asemănător celui de S*accorhytus*, la care se ataşează o coadă segmentată. Deşi unii vetulicolieni înotau în larg[3], ei îşi petreceau cea mai mare parte a timpului îngropaţi în nisip, fiind vizibile doar gurile lor, şi absorbind liniştiţi sedimente. Dar dacă erau ameninţaţi, puteau să şfichiuiască cu coada şi să se îndepărteze rapid de pericol, aşezându-se în alt loc şi folosindu-şi cozile pentru a săpa un nou refugiu în nisip. Verii vetulicolienilor au fost yunnanozoonii, la care coada şi faringele începuseră să crească împreună. La fel cum creştea înapoi, coada s-a extins şi înainte, peste capătul faringelui şi, în cele din urmă, l-a închis, pentru a crea o formă mai apropiată de cea a unui peşte.[4] Aşa arăta *Pikaia,* o creatură ciudată din Şistul Burgess.[5] Un alt animal de felul acesta a fost *Cathaymyrus*, care a trăit în Biota Chengjiang din China.

*

La prima vedere*, Cathaymyrus* arăta ca un file de anşoa. Deşi notocordul şi blocurile sale de muşchi erau uşor de văzut – partea din faţă închidea faringele –, îi lipseau multe lucruri. Un singur punct de pigment de la provă servea drept ochi. Era *sans* cap, *sans* solzi, *sans* urechi, *sans* nas, *sans* creier – *sans* mai nimic. Te-ai fi aşteptat să caute ajutorul Vrăjitorului din Oz: însă refuzase deschis orice invitaţie de a i se alătura lui Dorothy şi prietenilor ei în timp ce mergeau pe Drumul de Cărămizi Galbene. Cu toate acestea, *Cathaymyrus* şi rudele sale au trăit bine mersi, chiar dacă modest, timp de o jumătate de miliard de ani, îngropaţi, cu coada înainte, în interstiţiile ignorate ale lumii, unde şi-au petrecut aproape tot timpul filtrând detritus din apa de mare într-o manieră seculară. Doar când erau ameninţaţi îndrăzneau să se mişte rapid, înotând până când găseau un refugiu sigur. Câteva dintre rudele lui *Cathaymyrus* au supravieţuit până astăzi, fiind cunoscute sub numele de lancelete sau amfiocşi.

*

Cathaymyrus a combinat faringele şi coada într-un singur animal simplificat. Totuşi, unii dintre verii săi au adoptat un mod de viaţă

complet diferit. În loc să integreze faringele şi coada, aceste creaturi – tunicatele – le-au deconstruit, folosindu-l pe fiecare cât mai avantajos în diverse faze ele vieții.[7] Larva de tunicată este, în principal, o coadă cu un creier simplu, un punct ocular şi un organ de detectare a gravității. Aceste simțuri sunt rudimentare, dar servesc nevoilor ei, şi anume să deosebească lumina de întuneric şi să detecteze direcția „în jos". Larva are doar un faringe rudimentar şi nu se poate hrăni. Lucru care este total conform cu scopul ei – acela de a căuta un loc, adânc şi întunecat, unde să se poată stabili ca adult. Odată ce îl găseşte, animalul îşi lipeşte mai întâi capul de loc. Coada este resorbită şi creatura se umflă în ceea ce este în esență un faringe gigantic, menit să-l hrănească. Să fii fixat într-un singur loc te face o pradă uşoară, aşa că tunicatele şi-au dezvoltat propriile armuri sub forma unei „tunici" (de unde şi numele de „tunicate") făcute din celuloză. Această substanță, altfel întâlnită doar la plante, este imposibil de digerat. Tunicile tunicatelor pot conține şi alte substanțe exotice extrase din apa de mare, cum ar fi nichelul sau vanadiul, şi sunt uneori rigidizate şi de minerale. Tunicata *Pyura,* de exemplu, arată ca o piatră, doar că se deschide. Tunicatele au trăit în felul acesta începând din Cambrian.[8]

*

Tunicatele s-au hrănit întotdeauna prin vechiul sistem de filtrare gură-şi-hublouri al faringelui inițiat de *Saccorhytus*.[9] Verii lor cei mai apropiați, vertebratele, au urmat o rută complet diferită. Ele au transformat ceea ce cândva oferea o modalitate de fugă – notocordul şi coada – într-un mijloc dedicat mişcării înainte. C*athaymyrus* şi rudele sale şi-au folosit coada susținută de notocord doar pentru deplasări foarte scurte. La tunicate, coada întărită de notocord a evoluat, în majoritatea cazurilor, doar la larvă, unde a fost folosită, în mod specific, pentru a găsi un loc bun în care să se stabilească şi, odată stabilită, acolo a rămas. Astfel de animale aveau nevoie doar de informații minime despre locul unde mergeau. Pentru ele, scopul cozii era plecarea rapidă într-o călătorie care se termina curând.

Pe de altă parte, nicio vertebrată nu şi-a petrecut vreodată o parte importantă din ciclul său de viață fixată într-un singur loc.[10] Pentru a fi permanent la pândă era nevoie de un ansamblu de simțuri mult mai bogat. Vertebratele au dezvoltat ochi mari, pereche; un simț rafinat al mirosului; şi un sistem elaborat de detectare a curenților de apă.[11] Au devenit mult mai sensibile la mediul lor şi la poziția pe care o ocupă în cadrul acestuia decât oricare alți membri ai grupului *Sacchorytus* –

tunicate, amfiocşi, vetulicolieni, echinoderme şi aşa mai departe. Un sistem senzorial elaborat impunea un creier complex, centralizat. Creierele vertebratelor egalau sau chiar depăşeau complexitatea creierelor altor animale foarte mobile, precum crustaceele, insectele sau acel decan al mişcării, caracatiţa, chiar dacă aceste creiere erau construite pe baza unor principii total diferite.

Şi aşa s-a făcut că, din întunericul fundului de mare cambrian, au apărut, ca nişte licări de soare zburând prin apă, peşti ca *Metaspriggina*,[12] *Myllokunmingia* şi *Haikouichthys*.[13] Aceste creaturi ca nişte aşchii sunt dovada că vertebratele evoluaseră şi erau răspândite pe la jumătatea Cambrianului. Aceşti primi peşti aveau guri, dar nu şi fălci, precum şi faringe, deşi el nu mai era folosit pentru hrănirea prin filtrare. Fiind animale mult mai active decât verii lor, tunicatele, vertebratele aveau nevoie de o mai bună aprovizionare cu oxigen. Vechile hublouri faringiene moştenite de la *Saccorhytus* s-au transformat în fante branhiale. Apa care intra pe gură era evacuată pe lângă branhii prin acţiune musculară. Branhiile fine, puternic vascularizate, extrăgeau din apă oxigen şi eliminau bioxid de carbon. Vertebratele, aşadar, au preluat faringele şi l-au îmbunătăţit. Câmpurile de cili ce se unduiau blând au fost înlocuite de rânduri de muşchi pentru ventilaţie, adică respiraţie, şi pentru prinderea eficientă a prăzii.[14]

*

Vertebratele au nevoie de mai multă energie decât alte animale, în parte pentru că sunt, în general, mai mari. Balenele şi dinozaurii – toate vertebrate – sunt cele mai mari animale care au existat vreodată, dar nu sunt singurele. Gândiţi-vă la peşti, precum rechinii balenă sau rechinii pelerini; la reptile, precum pitonul şi alţi boa constrictor, şi la dragonul de Komodo; la mamifere, precum elefanţii şi rinocerii. Puţine nevertebrate îi pot egala în mărime. Şi noi, oamenii, suntem neobişnuit de mari pentru animale.[15] Este adevărat că unele vertebrate pot fi foarte mici, cântărind doar câteva grame: dar toate vertebratele sunt vizibile cu ochiul liber de către om. Multe nevertebrate, pe de altă parte, sunt greu de observat fără o lupă sau un microscop.[16]

Insectele sunt cele mai numeroase nevertebrate şi se sprijină pe un schelet extern alcătuit dintr-o proteină flexibilă numită chitină. Când insecta trebuie să crească, îşi leapădă întregul schelet extern, se umflă şi aşteaptă ca scheletul nou creat, încă moale, să se întărească înainte ca ea să se poată mişca. Acesta este unul dintre motivele pentru care insectele sunt mici. Peste o anumită mărime, o insectă fără exoschelet

va fi zdrobită sub propria-i greutate. Şi verii apropiaţi ai insectelor, crustaceele, năpârlesc, însă ele trăiesc în principal în apă, care suportă greutatea lor. Prin urmare, crustaceele pot creşte ceva mai mari decât insectele. Gândiţi-vă, de exemplu, la crabi sau la homari, care pot creşte mult mai mari decât orice insectă. Pe de altă parte, chiar şi cel mai mare homar e un prichindel în comparaţie cu multe vertebrate.

*

Cele mai primitive vertebrate care trăiesc astăzi sunt lamprilele şi mixinele. Acestea nu au armură exterioară şi probabil că nu au avut niciodată. La fel ca *Metaspriggina* şi alţi peşti extrem de timpurii, nu au fălci şi înotătoare perechi. Alte vertebrate au adoptat, totuşi, straturi groase de blindaj. Peştii blindaţi au apărut mai târziu în Cambrian. Deşi le lipseau în continuare fălcile şi erau susţinuţi la interior de un notocord, majoritatea peştilor timpurii erau îmbrăcaţi într-o armură.[17] Aceasta era adesea formată dintr-un set de plăci solide în jurul capului şi faringelui, dar largă şi solzoasă în partea din spate, pentru a-i permite cozii să se mişte. Armura nu era făcută din calcit (carbonat de calciu), ci dintr-un mineral diferit, hidroxiapatit, o formă de fosfat de calciu. Armura de fosfat de calciu este unică pentru vertebratele din regnul animal.[18]

Armura primilor peşti era de obicei o variantă a unei prăjituri cu straturi groase de hidroxiapatit, de trei feluri. La bază era un strat spongios. În mijloc era unul ceva mai dens. Deasupra era un strat subţire de hidroxiapatit foarte dur şi foarte dens. Aceste trei forme sunt astăzi cunoscute sub numele de „os", „dentină" şi, în fine, „smalţ" – cea mai dură substanţă creată de un organism viu. În zilele noastre, osul, dentina şi smalţul apar, stratificate exact aşa, în dinţii noştri. Când ţesuturile dure au apărut prima dată la vertebrate, ele erau, în esenţă, dinţi răspândiţi pe tot corpul. Chiar şi azi, solzii rechinilor iau fiecare forma unui mic dinte, acesta fiind motivul pentru care pielea de rechin este abrazivă şi a fost folosită cândva ca şmirghel.

Vertebratele au dezvoltat o armură din acelaşi motiv pentru care alte creaturi din Cambrian s-au înveşmântat în ţesuturi dure – ca un mijloc de apărare.[19] Evoluţia peştilor blindaţi a coincis cu apariţia nautiloidelor prădătoare şi a scorpionilor oceanici gigantici, numiţi eurypteride.[20] Probabil cel mai înspăimântător eurypterid a fost *Jaekelopterus*, care a trăit în Devonian. O grozăvie cu ochi mari, bulbucaţi şi cleşti uriaşi, el ajungea la aproape 2,5 metri şi se hrănea, probabil, cu peşti.[21]

*

Cel mai vechi grup de peşti care s-au îmbrăcat în armură a fost cel al pteraspidelor. Deşi scuturile capului au fost uneori extinse pe fiecare parte pentru a acţiona ca hidroplane, pterapsidele nu aveau înotătoare flexibile pereche. Cu un blindaj gros la exterior, se ştiu puţine lucruri despre felul cum arătau la interior, întrucât craniile lor erau făcute dintr-un cartilaj care se descompune uşor şi erau susţinute intern de un notocord cartilaginos spongios, dar elastic. La unii peşti blindaţi, însă, cartilajul moale din interiorul capului a devenit mineralizat, iar asta înseamnă că formele creierului şi vasele de sânge şi nervii asociaţi au fost conservate în cele mai mici detalii. Aceste fosile arată că peştii blindaţi fără fălci erau construiţi pe acelaşi model ca lamprilele – lamprile în armură.

Peştii blindaţi fără fălci au cutreierat mările din Cambrianul târziu până la sfârşitul Devonianului şi au cunoscut o mare varietate de forme extraordinare. Unii erau împachetaţi într-o armură plată şi îşi petreceau cea mai mare parte a timpului plutind pe fundul mării sau scurmând în mâl după detritus. La alţii, cum ar fi eleganţii thelodonţi,[22] armura era o piele, precum cea de rechin, alcătuită din zale mai flexibile care permiteau o mişcare mai rapidă în largul mării.

*

Peştii cei mai vechi, precum *Metaspriggina*, aveau ochi pereche apropiaţi chiar în faţă, ca farurile de motocicletă. Nu era loc pentru nas sau nări. De miros se ocupau celulele din faringe, o rămăşită din vechea moştenire de hrănire prin filtrare a vertebratelor. Însă la peştii pteraspizi, ochii au fost împinşi către laturile capului pentru a face loc unei nări unice, situate în vârful capului. Creierul a fost împărţit în două emisfere, stângă şi dreaptă, lărgind faţa.[23]

Nara unică a pteraspidelor (la fel ca la lamprile) a dus la un organ senzorial unic – sacul nazal – legat de baza creierului. Unii peşti fără fălci au evoluat totuşi într-o direcţie nouă. Fosilele creierului unui peşte fără fălci, S*huyu*, arată că el avea mai degrabă doi saci nazali, care se deschideau în cavitatea bucală, decât o singură nară care se deschidea separat, deasupra capului. Acest aranjament, ce mărea şi mai mult faţa, este în întregime caracteristic vertebratelor cu fălci – nu lamprilelor şi nici pteraspidelor. Alţi peşti fără fălci avansaţi aveau în plus înotătoare pectorale pereche (perechea aflată imediat în spatele capului), ceva cu care nu se mândresc nici lamprilele, nici pteraspidele, dar o

caracteristică tipică vertebratelor cu fălci. Prin urmare, terenul era pregătit pentru evoluția fălcilor.

Când peştii blindați au trecut acea graniță, ei au devenit un animal complet nou.[25] Astăzi, speciile cu fălci cuprind peste 99 % dintre vertebrate. Dintre vertebratele fără fălci, nu mai există decât lamprilele şi mixinele.

*

Fălcile au evoluat când primul arc branhial – diviziunea cartilaginoasă dintre gură şi prima fantă branhială – a fost articulat la mijloc şi tăiat în două, în spate, pentru a deveni maxilarul superior şi maxilarul inferior. Drept rezultat, prima fantă branhială a fost comprimată până când a devenit un orificiu minuscul, spiracul, chiar în spatele şi deasupra maxilarului superior.

Primele vertebrate cu fălci au fost placodermii care, la prima vedere, semănau mult cu oricare alți peşti blindați, cu scuturi pentru cap groase şi osoase. O cercetare mai atentă dezvăluie, pe lângă fălci, şi alte organe perfecționate întâlnite doar la vertebratele cu fălci, de pildă, un al doilea set de înotătoare pereche pe pectorali. Acestea erau înotătoarele pelviene, situate aproximativ de fiecare parte a anusului.[26] Placodermii îşi aveau originea în perioada siluriană şi au prosperat până la sfârşitul Devonianului.

Placodermii mai primitivi, antiarhii, erau la fel de blindați ca orice pteraspid. În schimb, placodermii mai sofisticați, arthrodirii, purtau, în general (dar nu mereu), o armură mai uşoară, iar unul dintre ei – *Dunkleosteus*, care ajungea până la şase metri lungime şi avea fălci mari şi ascuțite, a devenit prădătorul numărul unu al oceanului din Devonian.

Observați că spun fălcile, şi nu dinții lui *Dunkleosteus*, întrucât placodermii nu aveau niciun fel de dinți pe care i-am recunoaşte astăzi.[27] Suprafețele tăioase ale fălcilor teribile pe care le aveau aceste creaturi erau formate chiar din marginile lustruite ale oaselor.

*

Unul dintre cei mai avansați placodermi a fost *Entelognathus*, chiar dacă, trăind în urmă cu 419 milioane de ani, în plin Silurian, se numără printre cei mai vechi peşti cunoscuți.[28] *Entelognathus* avea capul şi trunchiul puternic blindate caracteristice unui arthrodir, deşi, cu o

lungime de aproximativ 20 de centimetri, era mult mai mic decât monstruosul său văr *Dunkleosteus*.

Se deosebea de *Dunkleosteus* – şi de orice alt placoderm – şi prin aceea că fălcile erau mărginite de oase recognoscibile prin comparaţie cu un peşte modern osos: exista o falcă superioară (maxilarul) şi o falcă inferioară (mandibula) distincte. Această creatură, *Entelognathus*, a fost cea mai veche vertebrată care putea arunca un zâmbet pe care l-am recunoaşte.

*

Deşi placodermii nu au supravieţuit la sfârşitul Devonianului, alte trei grupuri de vertebrate cu fălci au apărut din strămoşii placodermi. Ele au fost peştii cartilaginoşi (rechini, calcani şi neamul lor), peştii ososi (care includ majoritatea peştilor moderni, de la sturioni şi dipnoi până la sardine şi căluţi-de-mare, precum şi toate vertebratele de uscat, inclusiv pe noi, oamenii) şi un alt grup complet dispărut, numit acantodieni sau rechini ţepoşi.

Acantodienii au trăit până în Permian, când au dispărut. La majoritatea peştilor cartilaginoşi şi ososi, notocordul – nuiaua fermă, dar flexibilă care susţine corpul – este înlocuit, pe parcursul dezvoltării, de o structură segmentată, coloana vertebrală. La peştii cartilaginoşi, coloana vertebrală este, bineînţeles, cartilaginoasă, deşi uneori ea este într-o anumită măsură mineralizată. La peştii ososi, cartilajul este, în general, înlocuit prin os. Nu se ştie dacă placodermii sau acantodienii aveau mai curând coloană vertebrală decât notocord, deşi, dacă aveau, el ar fi fost cartilaginos.[29]

Acantodienii erau mai degrabă solzoşi decât blindaţi şi se distingeau prin spinul proeminent situat la capătul din faţă al fiecărei înotătoare. Însă anatomia lor internă era complet cartilaginoasă şi destul de similară cu cea a rechinilor. Acantodienii au fost o ramură timpurie a peştilor cartilaginoşi, un grup care supravieţuieşte şi prosperă până în ziua de azi.

Alături de *Entelognathus*, în mările siluriene a trăit un peşte numit *Guiyu*. Acesta a fost cel mai vechi reprezentat cunoscut al peştilor ososi, grupul ce include vasta majoritate a vertebratelor actuale.[31] Au existat peşti ososi care au trăit înainte de *Guiyu*, însă fosilele lor sunt mai degrabă fragmentare şi controversate. *Guiyu* este însă special nu pentru că e bine conservat sau pentru că e un peşte osos. Este special fiindcă s-a numărat printre cei mai timpurii peşti care au aparţinut unui grup

cunoscut sub numele de peşti ososi cu aripioare lobate, o ramură aparte de peşti ososi care s-au transformat în vertebrate de uscat – inclusiv noi.

4

Invazia uscatului

Acum oceanele erau înțesate de creaturi, de la exuberanta explozie a vieții de la începutul Cambrianului şi până la mările doldora de peşti ale Devonianului. Însă puține organisme îndrăzniseră să se aventureze deasupra apelor, pe uscat. Şi asta dintr-un motiv cât se poate de întemeiat.

În primul rând, multă vreme n-a existat decât foarte puțin uscat. La început, continentele s-au unit lent. Când plăcile tectonice s-au ciocnit, au apărut arcuri vulcanice, adică lanțuri de insule vulcanice. Jeturi de magmă din adâncul Pământului au străpuns scoarța, producând şi mai multe. Acestor insule li s-au alăturat altele şi, împinse laolaltă de planeta agitată de dedesubt, au devenit primele continente.

În al doilea rând, viața pe pământ este grea. Apa este un mediu prielnic. Fără forța ei portantă, creaturile simt fiecare gram din propria greutate, care îi trage în jos. Sub un soare dogoritor, țesuturile lor se usucă repede. Fără o peliculă constantă de apă, branhiile nu pot funcționa, aşa că animalul este incapabil să respire. Orice aventurier curajos pe pământ ar fi fost zdrobit, deshidratat şi asfixiat. Pionierii vieții pe uscat ar fi găsit acolo un mediu aproape la fel de ostil ca spațiul vid.

În plus, era neîndurător, nefiind nimic altceva decât rocă vulcanică aridă. Nu existau arbori care să ofere umbră, fiindcă aceştia nu evoluaseră încă. Nu existau soluri, cu excepția prafului agitat de vânt, fiindcă solurile în care cresc plantele sunt create şi îmbogățite prin acțiunea viețuitoarelor – rădăcini, fungi, viermi ce-şi construiesc viziuni. Pământul de deasupra apei era un deşert la fel de uscat şi lipsit de viață ca suprafața Lunii ce continua să se profileze la orizont.

Dar, după cum am văzut, viața are tendința să facă față provocărilor. Un mediu complet nou, lipsit de competiția din oceanul foarte animat, oferea oportunități neexploatate de diversificare şi dezvoltare pentru acele creaturi care puteau găsi modalități să-l îmblânzească. Primul pas l-a reprezentat colonizarea de către alge a lacurilor şi cursurilor de apă din interiorul uscatului, ceea ce s-a întâmplat cu cel puțin 120 de milioane de ani în urmă.[1] Poate chiar şi atunci cruste de bacterii, alge şi fungi să se fi ascuns în cotloane ferite de-a lungul țărmurilor sterpe. E posibil ca unele dintre animalele din Ediacaran în formă de frunză să fi

petrecut ceva vreme la suprafaţa apei dacă erau prinse între maree.[2] În Cambrian, o creatură necunoscută s-a târât pe plajele joase, nisipoase ale continentului Laurentia,[3] lăsând dâre ciudat de asemănătoare cu nişte cauciucuri de motocicletă.[4] Însă acestea au fost acte de bravură sfidătoare, ca şi cum motocicliştii dăduseră câteva ture înainte să se refugieze din nou sub valuri. Viaţa se aventurase pe uscat, dar încă nu se hotărâse să rămână acolo.

*

Invazia uscatului a început cu adevărat la jumătatea perioadei ordoviciene, în urmă cu aproximativ 470 de milioane de ani[5] – cam în acelaşi timp cu un avânt al inovaţiei evolutive în mările în care multe dintre creaturile stranii ale Cambrianului au fost înlocuite de cele ale unei distribuţii mai moderne.[6] Plante mici, târâtoare, precum ficatele şi muşchii, au creat milioane de capete de pod minuscule pe uscat. Sporii lor, duri şi rezistenţi la desicare, au fost cei care le-au permis să fie mai mult decât nişte simpli vizitatori ocazionali. Primii copaci s-au înălţat spre cer la scurt timp după acea. Cei dintâi au fost nematofitele. Unul dintre ele, *Prototaxite*s, avea un trunchi de peste un metru în diametru şi creştea înalt de câţiva metri. Era mai degrabă un lichen gigant decât un copac, ba chiar o ferigă arborescentă – un fungus îmbinat cu o algă.

În adâncuri, Pământul continua să se mişte. O serie de erupţii vulcanice a aruncat roci care au reacţionat cu bioxidul de carbon, eliminându-l din atmosferă. Fără bioxid de carbon care să întreţină efectul de seră, Pământul s-a răcit. În acelaşi timp, giganticul continent sudic Gondwana s-a deplasat către Polul Sud. Pe uscat s-au format din nou gheţari care au absorbit apa din mare, reducând nivelul acesteia. Drept urmare, s-a micşorat spaţiul de pe platourile continentale unde trăiau majoritatea animalelor. Această epocă glaciară a durat în jur de 20 de milioane de ani, cu aproximativ 460 – 440 de milioane de ani în urmă. Ea nu a fost la fel de catastrofală precum cea întâlnită în Ediacaran, cu atât mai puţin decât cea care a alimentat Marele Eveniment de Oxidare. Cu toate acestea, multe specii de animale marine au murit.

*

Ca întotdeauna, viaţa a reacţionat la mediul în schimbare. După glaciaţiune, au apărut plante viguroase, asemănătoare cu ferigile, cu spori şi mai rezistenţi la desicare decât ai ficatelor. Depăşite, ficatele au

fost împinse în locuri umede şi umbroase unde continuă să trăiască şi astăzi. Cândva gol, Pământul s-a îmbrăcat într-un verde strălucitor.

Spre sfârşitul Silurianului, în urmă cu aproximativ 410 milioane de ani, au existat păduri de nematofite, muşchi şi ferigi. Rădăcinile acestor plante au început să macine pietrele de sub ele pentru a produce sol. Odată cu solul s-au dezvoltat fungii de sol şi unii dintre aceştia – micorizele – s-au unit cu plantele pentru a forma asociaţii avantajoase. Fungii s-au răspândit în sol, săpând după minerale esenţiale pentru creşterea plantelor. La rândul lor, plantele au oferit hrană, creată prin fotosinteză. Plantele cu extensii micorizale pe rădăcini s-au dovedit a o duce mult mai bine decât plantele fără astfel de extensii. Astăzi, practic orice plantă creşte mulţumită unei micorize ascunse în solul din jurul rădăcinilor sale.[7]

Expuse la vânt şi intemperii, plantele împrăştiau păduchi, spori şi alte materii şi, în spaţiile umede din frunzişul putrezit, au început să se târască mici animale.

*

Primele animale de uscat au fost nişte mici artropode – centipedele; apoi nişte animale asemănătoare păianjenilor, precum opilionii; şi colembolele, veri apropiaţi ai insectelor care aveau curând să evolueze şi să devină cele mai de succes animale terestre de pe Pământ, atât din punct de vedere al numărului de indivizi, cât şi al speciilor.

Pe parcursul Devonianului, pădurile au crescut şi s-au răspândit. Ele nu prea semănau cu pădurile de azi.[8] Primii arbori forestieri, cladoxylopsidele, de exemplu, aduceau mai mult cu nişte trestii gigantice, tulpinile lor goale, fără ramuri, înălţându-se la 10 metri şi terminându-se cu nişte structuri în formă de perie ca pămătufurile pentru muşte.[9] Adăugiri ulterioare au inclus plante ce semănau cu licopodele şi cu coada-calului, *Equisetum*, întâlnite în locuri umede chiar şi astăzi. Formele moderne sunt foarte mici; rudele lor străvechi erau uriaşe.

Lepidodendronul ajungea până la 50 de metri înălţime, iar coada-calului, până la 20 de metri. Majoritatea acestor copaci erau goi pe interior. Nu aveau duramen şi erau susţinuţi de inelele lor exterioare groase. Unii dintre copaci, precum *Archaeopteris*, aduceau mai mult cu copacii moderni şi aveau duramen – doar că în loc să se reproducă prin seminţe, ei împrăştiau spori, precum ferigile.

Această bogăţie de plante ar părea, la prima vedere, o sursă de hrană prea bună pentru a fi ratată. Dar timp de milioane de ani, plantele nu

au intrat în meniul animalelor. Ţesutul lemnos este dur şi nedigerabil, iar plantele produceau de asemenea substanţe chimice, cum ar fi fenoli şi răşini, pe care animalele nu le tolerau. Materialul vegetal putea fi mâncat doar în momentul când era descompus de bacterii şi fungi în detritus comestibil. Vreme îndelungată, plantele nu au fost atât o sursă de hrană, cât fundalul unor drame în miniatură, întrucât, pe sub stratul de frunze moarte, carnivore minuscule vânau detritivore minuscule. Hrănirea erbivoră era o deprindere ce mai avea de aşteptat până să se dezvolte. Mai întâi de către insectele care au început să se hrănească cu părţile sensibile ale plantelor – structuri reproductive, precum conurile. Şi apoi de un grup care doar ce ieşise din mare – tetrapodele.

*

Animalele, la fel ca întreaga viaţă, au apărut iniţial în mare. Majoritatea descendenţilor lor sunt încă aici, iar vertebratele nu sunt o excepţie. Chiar şi astăzi, cele mai multe dintre vertebrate sunt peşti. În acest context, tetrapodele – acele vertebrate care s-au mutat pe uscat – pot fi văzute ca un grup mai degrabă ciudat de peşti care s-au adaptat la viaţa deasupra nivelului mării.

Originile lor se regăsesc înapoi în Ordovician, când au apărut primii peşti cu fălci, ca o parte componentă a marii înfloriri a biodiversităţii la acea vreme.[10] În Silurian, apăruseră mulţi peşti cu fălci, precum *Guiyu* cu care ne-am întâlnit în Capitolul 3. La aceşti peşti timpurii se combină caracteristici observate astăzi la două grupe foarte distincte. Prima, cea a peştilor osoşi cu înotătoare cu raze, include practic toţi peştii existenţi în momentul de faţă, de la aşa-numiţii „groupers” la gourami, şi de la păstrăv la calcanul mare. La aceste specii de peşti, înotătoarele pereche sunt ancorate direct de oase în peretele corpului. Ei nu au fost întotdeauna atât de dominanţi. În timpurile străvechi, cei care stăpâneau au fost verii lor, peştii osoşi cu înotătoare lobate. După cum sugerează şi numele, la aceşti peşti înotătoarele pereche sunt ţinute departe de corp de extensii cărnoase solide susţinute de oase suplimentare.

*

Lobefinii au fost cândva un grup variat, care includea, printre alţii, onicodonţii, creaturi ale căror cranii aveau o structură necompactă şi care prezentau dinţi ciudaţi, ca nişte colţi de fildeş, şi rizodonţii, nişte prădători uriaşi. Cel mai mare rizodont, *Rhizodus hibberti*, ajungea până

la o lungime de şapte metri. Între acestea exista o varietate de forme, mulţi fiind acoperiţi cu solzi groşi, placaţi cu un fel de smalţ.

Probabil cei mai conservatori lobefini au fost (şi sunt în continuare) celacanţii. Aceştia au apărut în Devonian[11] şi au arătat mai mult sau mai puţin la fel până când au dispărut în epoca dinozaurilor – sau aşa s-a crezut multă vreme. În 1938, a fost descoperit un specimen, decedat de puţină vreme, în largul coastelor Africii de Sud, unul dintr-o populaţie care trăieşte încă în vecinătatea Insulelor Comore din Oceanul Indian.[12] Mai recent, o altă populaţie a fost descoperită în Indonezia.[13] Aceste animale nu par mai deloc schimbate faţă de strămoşii lor îndepărtaţi din Devonian. Deşi cunoscute de către pescarii din zonă, ele s-ar putea să fi scăpat observaţiei ştiinţifice din cauza habitatului lor, apele adânci din apropierea falezelor submarine verticale.

Pe de altă parte, unii dintre peştii pulmonaţi s-au dezvoltat devenind aproape de nerecunoscut. Deşi *Neoceratodus*, peştele pulmonat australian, este un peşte de apă dulce cu armură de solzi care seamănă foarte mult cu lobefinii străvechi, verii lui, sud-americanul *Lepidosiren* şi africanul *Protopterus*, s-au schimbat atât de mult încât, în trecut, au fost confundaţi cu tetrapodele.[14]

Însuşi numele lor ne poate da o idee despre particularităţile pe care le au.

Deşi toţi peştii au avut la început plămâni – iniţial, o pungă ce a apărut din cerul gurii –, la cei mai mulţi dintre ei, aceasta s-a separat, devenind o vezică cu gaz folosită pentru a regla flotabilitatea. La celacant, care este exclusiv un peşte marin, este plină cu grăsime. Peştii pulmonaţi însă trăiesc în râuri şi lacuri care pot seca, lăsându-i literalmente pe uscat. În consecinţă, ei îşi folosesc mult mai mult plămânii pentru a respira în mod direct, iar *Lepidosiren* trebuie efectiv să respire pentru a supravieţui. Asta nu înseamnă că peştii pulmonaţi sunt înrudiţi îndeaproape cu tetrapodele. Adaptările lor la uscat au fost făcute în mod independent, iar la *Lepidosiren* şi *Protopterus* membrele mai degrabă s-au atrofiat, transformându-se în nişte structuri foarte subţiri, în loc să devină îndeajuns de solide pentru a susţine greutatea animalului pe uscat. Cei mai timpurii peşti pulmonaţi din Devonian au semănat mult cu alţi lobefini din vremea lor.

Lucru valabil şi pentru peştii ai căror veri s-au mutat în cele din urmă pe uscat. Creaturi precum *Eusthenopteron* şi *Osteolepis* au fost peşti în toată puterea cuvântului, însă verii lor apropiaţi evoluau deja către punctul în care viaţa deasupra apei avea să fie un răsfăţ ocazional, iar mai apoi o obişnuinţă.

Mulți dintre aceşti peşti au trăit în cursuri de apă puțin adânci, sufocate de ierburi, unde se hrăneau cu rudele lor mai mici. Unii au devenit mari şi şi-au folosit înotătoarele flexibile, susținute de oase, pentru a-şi alege cele mai bune locuri în care puteau ataca prin surprindere trecătorii neatenți. Mulți rizodonți erau aşa. Un alt grup, elpistostegalienii, au mers mult mai departe.

*

Elpistostegalienii au fost prădătorii absoluți ai apelor puțin adânci. Spre deosebire de majoritatea peştilor, care tind să fie comprimați lateral, ei erau aplatizați vertical, precum crocodilii – cu atât mai potrivit pentru pânda în apă puțin adâncă. Pentru a completa imaginea, unii chiar aveau ochii plasați mai degrabă în vârful capului decât pe laterale. Înotătoarele lor nepereche – dorsală, anală şi aşa mai departe – erau reduse sau complet absente, iar înotătoarele pereche s-au transformat în ceea ce, de fapt, erau mici brațe şi picioare, cu margini ca nişte aripioare. Un exemplu tipic a fost *Tiktaalik*[15], de la sfârşitul Devonianului; un altul a fost *Elpistostege*[16]. Aceste animale măsurau cam un metru lungime, având aproximativ mărimea şi forma unui crocodil mic. Aveau capete mari, plate, cu ochii plasați în vârful sau la mijlocul acestora, un corp sinuos şi membre anterioare robuste, ca nişte picioare. Oasele membrelor corespund în detaliu cu cele ale vertebratelor de uscat. Aceşti peşti aveau plămâni şi probabil nu-şi foloseau foarte mult branhiile interne. Partea de sus a craniului, care, în mod normal, s-ar fi extins peste regiunea branhiilor, este mai degrabă scurtă şi forma un „gât" distinct, cu atât mai folositor pentru un prădător de ambuscadă ce trebuie să-şi întoarcă rapid capul pentru a prinde o pradă care se deplasează repede. Elpistostegalienii erau tetrapode în aproape toate privințele, cu excepția tivului de aripioare care le împodobea picioarele în loc de degete.

*

Tiktaalik, Elpistostege şi verii lor au trăit acum aproximativ 370 de milioane de ani, către sfârşitul Devonianului. Istoria lor însă este mult mai veche. Unul din grupa lor schimbase razele înotătoarelor cu degetele cu cel puțin 25 de milioane de ani mai devreme. Acum vreo 395 de milioane de ani, unul dintre ei a lăsat urme de paşi pe o plajă din ceea ce este astăzi Polonia centrală.[17] Nimeni nu ştie ce fel de tetrapod a creat acele urme, dar numai un tetrapod le-ar fi putut lăsa.

Pe lângă vechimea lor, ceea ce este şocant e că nu au fost făcute în apă dulce, ci pe un sol mareic, lângă mare. Cele mai vechi tetrapode au apărut direct din ocean, ca Venus.[18] Ele erau adaptate la apă sărată sau poate la apa mai sălcie din estuare.[19]

*

Şi totuşi, dedesubtul a toate acestea, Pământul continua să se mişte. De la destrămarea supercontinentului Rodinia, continentele fuseseră împrăştiate, separate. Încet-încet, valul de derivă continentală ce durase o jumătate de miliard de ani începea să se inverseze. Extincţia ordoviciană, când marele continent sudic Gondwana s-a deplasat spre Polul Sud, a fost un vestitor al evenimentelor ce aveau să vină.

Către sfârşitul Devonianului, Gondwana şi două mase continentale nordice mari, Euramerica şi Laurussia, începuseră să-şi găsească drumul una spre cealaltă. Coliziunea avea să producă lanţuri enorme de munţi şi o singură masă continentală, enormă – Pangeea. Fuzionarea continentelor şi-a făcut încă o dată simţite efectele asupra creaturilor care trăiau pe suprafaţa sa: la fel cum se împrăştie jucăriile şi firimiturile, cărţile şi alte chestii de la micul dejun când sunt scuturate cearşafurile pe care au fost lăsate neglijent. Acţiunea intemperiilor asupra munţilor nou formaţi a absorbit bioxid de carbon din aer, reducând efectul de seră şi declanşând o întoarcere a gheţarilor în continentul polar sudic Gondwana. În alte părţi, vulcanismul a făcut ravagii. Încă o dată, se anunţa extincţia.

Majoritatea extincţiilor au avut loc în mare. Coralii au fost grav afectaţi. Bureţii care formau recife, numiţi stromatoporoide, comuni în Devonian, au dispărut treptat[20] şi pe recife au reapărut stromatoliţii. Cataclismele au adus sfârşitul ultimilor peşti blindaţi, fără fălci, a placodermilor şi a majorităţii lobefinilor. Alte grupe au supravieţuit, totuşi. Perioadele finale ale Devonianului au fost marcate de o diversificare a tetrapodelor.

*

La început totuşi tetrapodele au stat foarte mult în apă. Chiar dacă aveau picioare terminate cu degete, ele ocupau nişe acvatice de prădători prin ambuscadă similare nişelor de rizodonţi şi elpistostegalieni pe care i-au înlocuit. Oricare ar fi fost rolul membrelor cu degete, ele nu evoluaseră în mod specific pentru viaţa pe uscat.

Printre cele mai primitive tetrapode s-au numărat *Elginerpeton*[21] din Scoția şi *Ventastega*[22] din Letonia, *Tulerpeton*[23] şi *Parmastega*[24] din Rusia, şi *Ichthyostega* din mlaştinile tropicale din estul Groenlandei de astăzi. *Parmastega* arăta şi trăia la fel ca *Tiktaalik* sau ca un caiman modern; când cutreiera apele, doar ochii i se vedeau la suprafață. *Ichthyostega* era măricel – în jur de un metru şi jumătate lungime –, cu o constituție solidă şi o coloană vertebrală cu o formă ciudată ce sugera că, dacă s-ar fi mişcat pe uscat, mai degrabă s-ar fi târât ca o focă în loc să-şi folosească picioarele groase şi butucănoase.[25] *Acanthostega*, tot din Groenlanda, era pe jumătate cât *Ichthyostega* şi mult mai suplu. Deşi avea picioare, acestea se iţeau pe laturi şi aveau o formă complet nepotrivită pentru a se deplasa undeva. Avea branhii interne – la fel ca un peşte – aşa că trebuie să fi fost obligat să stea exclusiv în apă.[26] În schimb, contemporanul său din Pennsylvania, *Hynerpeton*, era musculos şi capabil să trăiască pe uscat.[27] Către sfârşitul Devonianului, tetrapodele deveniseră un grup foarte divers, dar, în principal, acvatic, de peşti ciudați cu înotătoare lobate, cu picioare.

*

Am putea crede, totuşi, că primele tetrapode nu erau foarte hotărâte în privința picioarelor sau, cel puțin, a mâinilor şi labelor piciorului. *Tulerpeton* avea şase degete la fiecare membru; *Ichthyostega*, şapte; *Acanthostega*, nu mai puțin de opt.[28] De atunci încoace, multe tetrapode au evoluat şi au pierdut degete, ba chiar membre întregi, dar astăzi niciun tetrapod nu are, în mod normal, mai mult de cinci degete per membru. Membrul cu cinci degete (pentadactilitate) pare atât de normal, încât ni l-am putea imagina ca pe un arhetip în mintea lui Dumnezeu, rara creatură cu şase degete fiind o ofensă la adresa ordinii naturale.

*

Primul val de diversificare a tetrapodelor a supraviețuit sfârşitului Devonianului, dar a fost înlocuit treptat, în perioadele ulterioare din Carbonifer, de o faună mai „modernă”, alcătuită din creaturi mai mici şi mai suple.[29] Acestea arătau mai degrabă ca salamandrele decât ca peştii şi se hotărâseră câte degete urmau să afişeze la capătul fiecărui membru.

În urmă cu aproximativ 335 de milioane de ani, pe când Pangeea era pe cale de a se suda în forma sa finală, pădurile întunecate, pline de aburi din ceea ce este astăzi West Lothian, Scoția, erau pline de

târâtoare înfiorătoare şi de croncănitul primelor tetrapode, într-un mediu vulcanic şi legat poate de izvoarele termale. Într-o măsură atât de mare încât una dintre tetrapodele din acel filon bogat a primit numele de *Eucritta melanolimnetes* – Creatura din Laguna Neagră.[30]

*

Chiar şi atunci când dezvoltaseră picioare suficient de puternice pentru a le susţine greutatea pe sol, a existat un aspect al vieţii primelor tetrapode care le-a legat de apă – reproducerea. La fel ca amfibienii moderni, aceste tetrapode timpurii s-au bazat pe întoarcerea la apă pentru a se înmulţi. Puii lor trebuie să fi fost precum mormolocii – creaturi asemănătoare peştilor, cu înotătoare şi branhii pentru respiraţie.

Cu toate acestea, era pe cale să apară un grup de animale care avea să revoluţioneze reproducerea şi să permită cucerirea finală a uscatului. În pădurile de cărbune, în mijlocul croncăniturilor altor vertebrate de uscat timpurii, a goanei scorpionilor de mărimea unor câini mari şi în prezenţa ameninţătoare a uriaşilor scorpioni-de-mare euripterizi care urmaseră tetrapodele pe ţărm, trăia un animal pe nume *Westlothiana*. Această creatură mică, asemănătoare cu o şopârlă[31], era apropiată din punct de vedere evolutiv de strămoşii unui grup de tetrapode care depuneau ouă cu coajă tare, rezistentă la apă. Fiecare ou fiind un iaz privat, ele puteau fi depuse la distanţă de apă, în final tăind legătura dintre viaţa vertebrată şi mare.

Acestea au fost animalele care, într-o bună zi, aveau să se transforme în reptile, păsări şi mamifere.

5

Ridicaţi-vă, amniote

Pădurile de *Archaeopteris* şi cladoxilopside au fost spulberate de extincţiile apărute ca urmare a formării supercontinentului Pangeea. Coralii şi spongierii care construiseră marile recife ale oceanelor devoniene au fost nimiciţi. Toţi peştii blindaţi – placodermii – au murit, împreună cu majoritatea peştilor cu înotătoare lobate, cu excepţia câtorva trilobiţi. Spuma, mâzga, filamentele cianobacteriilor au pătruns şi au preluat controlul. Aşa cum o făcuseră la începuturi, stromatoliţii au pus stăpânire asupra recifelor, cel puţin pentru o vreme.[1]

Extincţiile au însemnat un pas în spate pentru cele dintâi tetrapode ale căror prime incursiuni curajoase pe uscat au fost, literalmente, oprite brusc. Acele tetrapode care au supravieţuit extincţiei au rămas aproape de apă şi, preferabil, în ea.

Au existat însă unele care s-au regrupat şi au încercat să recucerească pământul sub cerul duşmănos. Acestea au fost de un tip foarte diferit de primele tetrapode, creaturi care, în ordinea din natură, nu erau decât nişte peşti cu picioare.

Chiar la începutul Carboniferului, o creatură lungă de un metru, care aducea puţin cu o salamandră, numită *Pederpes*, s-a târât pe mal.[2] Spre deosebire de extravaganţa polidactilă a primelor tetrapode, precum *Acanthostega* şi *Ichthyostega*, *Pederpe*s stabilise tiparul ce avea să dăinuie până în zilele noastre, cu nu mai mult de cinci degete per membru – deşi fosila sa indică faptul că a păstrat şi un al şaselea deget vestigial, o amintire a timpurilor trecute.

Pederpes era relativ gigantic pentru epoca lui, totuşi. El împărţea lumea sa cu nenumăratele tetrapode mult mai reduse ca dimensiuni[3] ce colindau malurile apelor după artropode mici, precum milipedele, sau duceau mici bătălii pe viaţă şi pe moarte cu scorpionii – şi lupte pe scară mai largă cu astfel de eurypteride care au ajuns pe ţărm, pe urmele prăzii lor străvechi.[4] Aceste prime tetrapode din Carbonifer, deşi mult mai bine adaptate la viaţa pe uscat decât rudele lor devoniene, nu s-au îndepărtat mult de apă. Ele au trăit în văi care erau adesea inundate. Călătoria lor pe uscat avansase puţin, dar era încă ezitantă, provizorie.

Unele tetrapode timpurii din Carbonifer au rămas însă acvatice. Câteva au reuşit să-şi piardă membrele pe care le dobândiseră cu puţin timp în urmă. *Crassigyrinu*s – un prădător lung de un metru,

asemănător cu o murenă, cu membre mici şi fălci uriaşe burduşite de dinţi, era o ameninţare acvatică care pândea în râurile şi lacurile de la începutul Carboniferului. Câteva au mers şi mai departe. Nişte amfibieni mici şi sinuoşi, numiţi aistopode, şi-au pierdut complet membrele.[5] Aceste creaturi reprezentau o întoarcere la o epocă dispărută, tetrapode care nu părăsiseră deloc apa. Devotamentul tetrapodelor faţă de uscat a fost, timp de milioane de ani, echivoc.

*

Plantele de uscat care ascundeau tetrapodele în urma extincţiilor de la sfârşitul Devonianului erau, la fel ca tetrapodele însele, mici şi ierboase în comparaţie cu strămoşii lor. A durat ceva ca pădurile să se regenereze, dar când au făcut-o, au devenit cele mai puternice păduri tropicale pe care lumea le văzuse vreodată. Ele erau dominate de exemplare de coada-calului înalte de 20 de metri, precum *Calamites*, şi de muşchi licopod, precum *Lepidodendronul*, care se ridica la 50 de metri înspre un cer care nu era albastru, ci maro şi mirosea a ars.

Majoritatea copacilor de astăzi cresc încet şi trăiesc zeci, chiar sute de ani. Corpurile lor sunt susţinute de un miez de lemn. Aproape de coajă, coloane de vase transportă în sus apă către frunze, pentru a alimenta fotosinteza, şi în jos zaharuri proaspăt produse, pentru a hrăni rădăcinile şi restul plantei. Fiecare copac se va reproduce de multe ori în timpul lungii sale vieţi. În pădurea tropicală, frunzele din coroană umbresc o mare parte din solul de dedesubt şi creează complet separat, la înălţime, deasupra solului întunecat al pădurii, un ecosistem de animale şi plante care ajung rareori, dacă nu cumva niciodată, să atingă pământul.

Pădurile licopode din Carbonifer nu au fost deloc aşa. Licopodele, la fel ca înaintaşii lor devonieni, erau goale pe interior, susţinute mai curând de o coajă groasă decât de duramen şi acoperite de solzi verzi, ca nişte frunze. Ba chiar întreaga plantă – cu tot cu trunchiul şi coroana de ramuri care atârnau – era solzoasă. Lipsit de canale pentru a transporta hrana, fiecare solz era fotosintetic, furnizând hrană ţesutului din apropiere.

Şi mai ciudat pentru noi, aceşti copaci îşi petreceau cea mai mare parte din viaţă sub forma unor cioturi modeste înfipte în pământ. Un copac creştea doar atunci când era gata să se reproducă, un ţăruş care se ridica precum un foc de artificii cu încetinitorul,[6] pentru a exploda într-o coroană de ramuri care avea să împrăştie spori în vânt.

Odată ce sporii erau împrăştiaţi, copacul murea.

De-a lungul multor ani de intemperii, fungii şi bacteriile rodeau coaja până când aceasta cădea pe solul îmbibat de apă. O pădure licopodă arăta precum peisajul dezolant de pe Frontul de Vest în timpul Primului Război Mondial: cioturi goale presărate printre cratere, pline cu apă murdară şi moarte; copaci ca nişte catarge, fără urmă de frunze sau ramuri, ridicându-se dintr-o mocirlă putredă. Nu era mai deloc umbră şi nici subarboret, cu excepţia litierei tot mai adânci care se forma în jurul epavelor sfărâmate ale trunchiurilor de licopode.

*

Viaţa haotică a licopodelor a avut consecinţe imense pentru întreaga lume. Creşterea rapidă şi repetată a copacilor licopozi folosea o cantitate uriaşă de carbon, toată provenită din bioxidul de carbon din atmosferă. Acest consum extravagant – precum şi erodarea intensă a munţilor nou creaţi – a contribuit la reducerea efectului de seră şi la o nouă înălţare a gheţarilor în jurul Polului Sud.

În al doilea rând, cele mai multe dintre creaturile care sunt astăzi responsabile cu dezmembrarea copacilor morţi – termite, gândaci, furnici şi aşa mai departe – încă nu evoluaseră. Existau totuşi câteva animale capabile să se hrănească cu materie vegetală. Printre ele se numărau palaeodictyopterele, una dintre primele grupe de insecte care au dezvoltat aripi şi au zburat. Unele dintre aceste animale erau de mărimea ciorilor şi nu aveau două perechi de aripi, cum au insectele moderne,[7] ci trei. În faţa celor două perechi obişnuite exista o pereche de aripi mici, vestigiale, rămăşiţe ale unui stadiu anterior al insectelor zburătoare cu multe aripi, care nu mai există astăzi. În plus, aveau piese bucale proeminente, sugătoare, precum gândacii. Zburând mult deasupra solului, coborau pe licopode pentru a se hrăni cu organele lor moi, producătoare de spori.[8]

În al treilea rând, toată acea fotosinteză producea cantităţi enorme de oxigen liber. Exista atât de mult oxigen în atmosferă încât fulgerele puteau să aprindă copacii ca pe nişte torţe, chiar şi în pădurea mlăştinoasă plină de apă, producând mase de lignit şi făcând cerul să fie mereu înnegrit şi plin de fum.

Lignitul, îngroparea rapidă şi rata foarte mică de putrezire au însemnat că multe trunchiuri de licopode au fost repede îngropate întregi în solul pădurii şi că, 300 de milioane de ani mai târziu, au apărut sub formă de cărbune. Acesta este cărbunele care dă numele întregii ere – Carbonifer –, deşi pădurile de cărbune au dăinuit mult şi în Permian. Aproximativ 90 % din depozitele de cărbune cunoscute au fost

depuse într-un singur interval impetuos de 70 de milioane de ani, era pădurilor de licopode.[9]

*

În lumea aceea, amfibienii au prosperat, evoluând într-o varietate de forme. Pe când cei mai mici se zvârcoleau şi îşi făceau vizuini în maluri, vânând scorpioni mici, păianjeni şi cosaşi, verii lor mai mari au rămas acvatici, cutreierând apele după prăzi mai mici sau repezindu-se la efemeridele gigantice, la paleodictyoptere, la libelulele de mărimea pescăruşilor ori alte insecte cu aripi care se întâmplau să coboare pe suprafaţa apei.

Unii dintre amfibieni au fost, după cum sugerează numele lor, cumva la mijloc, preferând un stil de viaţă mai terestru. Amniotele au evoluat din rândurile lor. La început, aşadar, amniotele semănau mult cu amfibienii cu care împărţeau aceeaşi lume: toate erau creaturi relativ mici, asemănătoare cu o salamandră.[10] Ca şi amfibienii, ele o zbugheau şi se ascundeau în cioturile ca nişte găuri de obuz ale licopodelor, ieşind afară pentru a se hrăni cu gândaci şi peştişori de argint, şi evitând să atragă atenţia unor creaturi mai mari, coşmareşti, pe care abundenţa de oxigen le transformase în monştri. Aceste amniote se fereau de înţepăturile scorpionilor mari cât un câine, se ascundeau de milipedele lungi şi întinse cât covoarele fermecate şi probabil tremurau în faţa nemiloaselor eurypteride, scorpioni-de-mare ţepoşi şi semănând cu un tanc, lungi de doi metri, care părăsiseră oceanul urmărindu-şi prada ce evolua rapid – peştii.

*

Pentru un amfibian, să depună ouă în această Grădină a Deliciilor Pământeşti era extrem de periculos. Să se reproducă în apă, precum broaştele moderne, însemna să ofere o gustare facilă oricărui peşte care trecea sau altui amfibian. Amfibienii au fost nevoiţi să găsească diverse modalităţi de a-şi proteja puii. Unii stăteau de pază deasupra locurilor de reproducere. Alţii au căutat iazuri sau bălţi aflate la distanţă de largul oceanului – în cioturi de copaci, de exemplu; sau poate că îşi depuneau icrele adunate în mase gelatinoase în vegetaţia care atârna deasupra apei, aşa încât, atunci când eclozau, mormolocii cădeau direct în ea. Alţii au prelungit stadiul larvar, ieşind din ou nu ca mormoloci, ci ca adulţi în miniatură, complet echipaţi să o rupă la fugă la cea mai mică ameninţare. Alţii n-au umblat cu jumătăţi de măsură şi au păstrat

ouăle în corpul mamei, poate chiar hrănindu-le cu ţesut matern şi născând pui mari şi vii.[11]

Amniotele au mers mai departe. Adaptarea lor nu a avut de-a face cu locul în care îşi depuneau ouăle, ci cu ouăle însele. Neajutoratul, bietul punct negru al unui embrion era înconjurat nu doar de gelatină, ci şi de o serie de membrane care ţineau la distanţă lumea periculoasă cât de mult posibil.

Una dintre membrane era amniosul, o scufie impermeabilă care oferea embrionului propriul iaz privat şi propriul sistem de susţinere a vieţii.[12] O veziculă vitelină îi asigura hrana. O altă membrană, alantoida, colecta şi înmagazina reziduurile embrionului. Toate acestea erau înconjurate de corion şi, de jur împrejurul *acestuia*, era coaja.

Cojile primelor amniote erau moi şi aveau aspectul pielii, semănând mai degrabă cu cojile ouălor de şarpe sau de crocodil decât cu ouăle tari şi cristaline ale păsărilor.[13] Şi, lucru demn de subliniat, ouăle amniote nu necesitau genul de îngrijire parentală elaborată şi consumatoare de energie pe care amfibienii trebuiau să o dedice ouălor lor. Ouăle amniote puteau fi depuse, îngropate sub frunze moarte sau în interiorul unui buştean putred care să le ţină de cald şi apoi lăsate acolo.

În primul rând, oul amniot a fost doar o altă modalitate prin care amfibienii să crească şansele ca puii lor să nu fie mâncaţi înainte de a ecloza. Dar aceste ovipare timpurii elaboraseră şi un mod de a se elibera cu totul de apă. Oul amniot era ca un costum spaţial pentru colonizarea unei lumi noi şi ostile – o lume complet îndepărtată de apă.

Pe parcursul a câteva milioane de ani, adevăratele amniote evoluaseră. Nu mai erau mici şi asemănătoare cu salamandrele, erau mici şi asemănătoare cu şopârlele. Animale precum *Hylonomus* şi *Petrolacosaurus* arătau similar şi făceau cam aceleaşi lucruri – umblau după insecte şi alte animale mici care nu puteau să scape de fălcile lor înfometate. Cu toate acestea, ele erau apropiate de liniile evolutive care, într-un final, aveau să producă şerpi, şopârle, crocodili, dinozauri şi păsări. Destinul lui *Archaeothyris* avea să fie însă altul. Această creatură era un pelicozaur, un membru al grupului de reptile ai căror descendenţi urmau să includă mamifere, printre care şi noi.

*

Evoluţia oului amniot a fost cheia succesului vertebratelor pe uscat. Lumea plantelor a răspuns şi ea în felul său provocării aridităţii prin evoluţia seminţelor la o serie de rude asemănătoare vag cu ferigile a ceea

ce aveau să devină, în cele din urmă, conifere. Acestea au fost semințele de ferigă.

Ficatele şi muşchii, cele mai vechi plante de pe uscat, sunt precum amfibienii, în sensul că reproducerea lor este total dependentă de apă. Plantele masculi produc spermă care înoată prin stratul umed ce înveleşte frunzele şi tulpinile unor astfel de plante iubitoare de apă, în căutarea ouălor plantelor femelă pentru a le fertiliza. Un ou fertilizat se transformă într-o plantă care nu produce ouă sau spermă, ci particule mici numite spori. Aceştia se răspândesc în mediu şi, acolo unde se aşază, germinează, generând şi mai multe plante producătoare de ouă şi spermă.

Şi astfel ciclul continuă, cu generații alternative de plante producătoare de celule sexuale (gametofite) şi producătoare de spori (sporofite). Deşi sporii sunt adesea rezistenți la desicare, sperma şi ouăle nu sunt, acesta fiind motivul pentru care muşchii şi ficatele sunt întotdeauna legați de apă.

La muşchi şi ficate, plantele gametofite şi sporofite arată destul de similar. Ferigile însă tind să semene foarte mult cu sporofitele. Ferigile pe care le vedem în păduri şi pe câmpuri sunt toate sporofite. Sporii sunt produşi în şiruri lungi de capsule aflate sub frunze. Gametofiții, în schimb, sunt mici, delicați şi misterioşi şi nu seamănă deloc cu ferigile: şi, deoarece produc ouă şi spermă care se mişcă printr-o peliculă de apă, au nevoie de locuri umede pentru a supraviețui. La fel se întâmplă şi cu uriaşele licopodiu şi coada-calului din marile păduri carbonifere.

La anumite ferigi totuşi gametofiții s-au micşorat atât de mult, încât aproape că nu se mai deosebeau de celulele sexuale pe care le produceau. De fapt, erau atât de mici, încât întreaga generație gametofită a fost închisă în spori, care pot fi masculini sau feminini. La unele specii, sporii-femelă au avut tendința să rămână mai curând ataşați de plantă decât să fie împrăştiați în mediu. Sporii masculi aveau să fie duşi la femelă de vânt. Oul, odată fertilizat, devenea o sămânță, adăpostită într-o coajă dură, rezistentă şi avea să germineze doar atunci când erau îndeplinite condițiile adecvate. Evoluția seminței, la fel ca evoluția oului amniot, a permis plantelor să se elibereze de tirania apei.

*

Extinderea impetuoasă a pădurilor carbonifere nu a durat. Odată cu deplasarea lentă spre nord a supercontinentului Pangeea, a venit şi vremea reglării de conturi. Regiunile cele mai sudice, care cândva ocupaseră Polul Sud şi fuseseră acoperite cu gheață în cea mai mare

parte a Carboniferului târziu şi la începutul Permianului, s-au eliberat din nou de gheaţă. Dar, odată cu fuziunea continentelor nordic şi sudic, apa caldă, ecuatorială nu a mai putut circula uşor în jurul globului. Era prea mult pământ în calea sa.

Exista însă un ocean care clocotea de viaţă. Acesta era Thetys, un mare golf tropical mărginit de recife în partea estică a supercontinentului Pangeea, care făcea ca acesta să arate ca un „C" uriaş.

Configuraţia uscatului – fără nicio modalitate uşoară ca apa ecuatorială să înconjoare Pământul – a însemnat că ţărmurile oceanului Thetys au devenit sezoniere. Anotimpurile lungi, secetoase erau întrerupte de ploi musonice cumplite, similare celor ce inundă astăzi India, dar la o scară globală.[14] Acest climat sezonier a fost prea mult pentru pădurile tropicale dominate de licopode, care aveau nevoie de umiditate tropicală tot anul. Pădurile tropicale s-au redus la petice izolate. Excepţia a reprezentat-o China de Sud, pe atunci un continent insular aflat în estul îndepărtat al oceanului Tethys, care a conservat pădurile de licopode: un ţinut uitat de timp.

Pădurile au fost înlocuite de un amestec de ferigi-copaci producătoare de spori, seminţe de ferigi şi licopode mai mici, în general adaptate unui climat mai regulat în care, în cea mai mare parte a anului, era uscat şi foarte, foarte umed. Departe de zonele de coastă, deşerturile se extindeau.

*

Efectul dispariţiei pădurilor carbonifere asupra destinului amfibienilor şi reptilelor a fost puternic.[15] Amfibienii au suferit, dar reptilele au reuşit să reziste şi s-au adaptat oportunităţilor oferite de climatul mai uscat.

Deşi mulţi dintre amfibieni au continuat să arate precum crocodilii şi să trăiască în apropierea apei, unii au răspuns provocării vieţii de deşert şi aveau un pronunţat aspect reptilian. Printre ei s-a numărat şi *Diadectes*, un animal asemănător cu un rinocer, care ajungea până la trei metri lungime, fiind un fel de deschizător de drumuri. A fost una dintre primele tetrapode care a adoptat o hrană radical nouă – vegetarianismul. Până atunci, toate tetrapodele se hrăniseră cu insecte, peşti sau se mâncaseră unele pe altele. Carnea este greu de prins, dar când se întâmplă asta, se digeră uşor şi rapid. Plantele, pe de altă parte, sunt constrânse să rămână pe loc şi să lupte, şi fac asta cu ţesuturi

dure, fibroase în care fiecare celulă este blindată în spatele unui zid de celuloză nedigerabilă.

Dacă materia vegetală nu poate fi descompusă mecanic – iar primele tetrapode nu aveau dinți care să macine foarte eficient – ea trebuie adunată, tocată, înghițită şi lăsată să fermenteze lent, precum compostul, într-un intestin încăpător, sub acțiunea unei serii de bacterii, nutriția sărăcăcioasă eliberând energie foarte încet. Acesta este motivul pentru care erbivorele tind să fie mari, să se mişte încet şi să mănânce practic tot timpul. Lui *Diadectes* i s-au alăturat primele reptile erbivore. Printre ele s-au numărat pareiazaurii masivi şi plini de negi, urmaşi ai micului *Hylonomus*, asemănător cu o şopârlă, ca un bizon pe steroizi, şi o varietate de pelicozauri, ca de pildă, *Edaphosaurus*, o creatură mai elegantă care etala pe spate o membrană susținută de țepi vertebrali mari şi alungiți.

Aceste erbivore erau vânate de amfibieni ce trăiau pe uscat, precum *Eryops,* care arăta ca un broscoi ce se credea aligator. Dacă ar fi avut roți, ar fi fost un vehicul blindat pentru transportul trupelor. Cu dinți. În competiția pentru locul întâi, *Eryops* se lupta cu alți pelicozauri cu creastă dorsală, precum *Dimetrodon*.

*

Spre deosebire de mamifere şi păsări, reptilele şi amfibienii nu au niciun fel de control intern al temperaturii corpului. Amorțite şi lipsite de apărare în frig, ele trebuie să se încălzească la soare înainte să poată deveni active. Lucrul acesta a creat o ocazie favorabilă pentru acele animale care se puteau încălzi şi răci mai repede decât altele. Pelicozaurii au fost printre primele tetrapode care au preluat controlul activ al metabolismului lor. Când stăteau cu aripile întinse în lateral către soare, *Edaphosaurus* sau *Dimetrodon* se puteau încălzi mult mai repede decât reptilele lipsite de un asemenea avantaj – şi puteau fi primii pe terenurile de vânătoare. Pe de altă parte, când aripile erau plasate cu marginea spre soare, ele puteau disipa căldura mai repede. Pelicozaurii au mai făcut un truc: spre deosebire de majoritatea reptilelor, ale căror fălci aveau rânduri de dinți ascuțiți identici, pelicozaurii au început să dezvolte dinți de mărimi diferite, ceea ce le-a permis să proceseze mai eficient hrana.

Aceste adaptări – reglarea căldurii şi dezvoltarea unor dinți de diferite mărimi – au fost semne a ceea ce urma să se întâmple.

*

Un descendent din linia pelicozaurilor a fost *Tetraceratops*,[16] care a trăit în deşerturile din Permianul timpuriu de pe teritoriul actualului stat Texas. Deşi foarte asemănător cu un pelicozaur, craniul şi dinţii săi prezintă semne că aveau să se schimbe în ceva cu totul diferit, un nou ordin de reptile la care unele dintre inovaţiile metabolice ale pelicozaurilor au fost duse mult mai departe. Aceste creaturi au primit denumirea de terapside.[17] Numite de obicei „reptile asemănătoare cu mamiferele", ele au fost grupul din care aveau să evolueze, în cele din urmă, mamiferele. Dar, în Permianul mijlociu, toate astea mai au de aşteptat câteva zeci de milioane de ani.

Terapsidele se deosebeau de pelicozauri şi alte reptile prin aceea că aveau tendinţa să-şi ţină membrele în sus şi sub corp în loc să le întindă în lateral. Aveau o varietate mare de dinţi interesanţi, adaptaţi tipului lor de hrană, şi aveau sânge cald; adică, îşi puteau regla metabolismul independent de ceea ce făcea soarele. Terapsidele au dominat ţinuturile uscate, marcate de anotimpuri, ale supercontinentului Pangeea. Ele i-au eclipsat pe pelicozauri, rudele lor, şi i-au împins pe amfibienii mai iubitori de uscat înapoi în apă.

Pentru fiecare nişă ecologică pe care o oferea Permianul mijlociu şi târziu, a existat un terapsid care s-a inserat perfect în ea. Erbivorele terapside timpurii au inclus monştri de două tone, precum *Moschops*. După acestea au urmat dicinodonţii, pare-se cele mai de succes şi mai urâte tetrapode care au călcat vreodată pe planetă. Aceste creaturi de forma unui butoi variau în mărime, de la cea a unor câini mici până la cea a unor rinoceri. Capetele lor erau mari, însă feţele erau turtite de parcă şi-ar fi petrecut toată viaţa împingând maşini parcate. Toţi dinţii fuseseră înlocuiţi de un cioc cornos, cu excepţia unei perechi de canini superiori foarte mari, ca nişte colţi de fildeş. Deşi numiţi erbivore, dicinodonţii înfulecau tot ce le ieşea în cale şi puteau îndesa în gură. Unii dintre cei mai mici se ascundeau în vizuini. Ambele obiceiuri, după cum s-a dovedit, îi vor ajuta să se protejeze de apocalipsa care avea să vină.

Dicinodonţii erau vânaţi de prădători feroce – verii lor terapsizi, gorgonopsienii. Ca şi dicinodonţii, aceştia variau în mărime, de la dimensiunea unor bursuci până la cea a unor urşi, dar, cu excepţia faptului că evitau maşinile parcate, altminteri erau foarte similari. Patrupede mari, longiline, ei aveau canini enormi, comparabili cu ai tigrilor cu dinţi-sabie. Alte carnivore terapside au fost cinodonţii. Aceştia tindeau să fie mai mici decât gorgonopsienii, iar ultimii au fost chiar mai mici.

Pe parcursul Permianului, cinodonții au dispărut din prim-plan. Ei erau mici, uneori nocturni. Aveau creiere mari şi dinți clar diferențiați în incisivi, canini şi molari. Aveau blană şi mustăți. Împărțeau marginile lumii lor cu descendenții mici, în general asemănători cu şopârlele, ai *Petrolacosaurus* şi *Hylonomus*.

*

În perioada sa de maximă expansiune, Pangeea se întindea aproape de la un pol la altul. Unirea continentelor într-o singură masă continentală a avut consecințe drastice asupra vieții atât pe uscat, cât şi în oceane. Pe uscat, forme de viață care fuseseră cândva endemice pentru anumite continente s-au amestecat şi contopit cu altele. Competiția între băştinaşi şi nou-veniți a fost aprigă şi numeroase specii de animale au pierit.

Viața marină a fost foarte înfloritoare pe platoul continental, partea de mare aflată cel mai aproape de uscat. Când continentele s-au unit, platoul continental a devenit insuficient pentru toată lumea. Prin urmare, competiția pentru spațiu vital în mare s-a intensificat şi ea.

*

Climatul însuşi a devenit mai provocator. Interiorul supercontinentului Pangeea era preponderent uscat, chiar dacă era lovit de inundații musonice anuale, şi – odată cu deriva nordică a întregii mase continentale – adesea foarte fierbinte. Deşi regiunile sudice răcoroase ale sale erau acoperite de un tufăriş aparent nesfârşit de ferigă arborescentă numită *Glossopteris*, viața vegetală nu mai era la fel de luxuriantă ca înainte. O viață vegetală mai săracă însemna că exista mai puțin oxigen decât fusese cândva, aşa încât, la sfârşitul Permianului, să respiri la nivelul mării era ca şi cum ai încerca astăzi să tragi o gură de aer în Himalaya. Viața terestră rămânea fără suflare.

*

Şi avea să vină ceva şi mai rău, fiindcă se apropia Armaghedonul. Spre sfârşitul Permianului, o coloană de magmă[18] care se ridicase din adâncul Pământului timp de milioane de ani a întâlnit scoarța şi a topit-o.

În Permianul târziu, nu era nevoie să coboare cineva în fundul Pământului pentru a găsi iadul, pentru că iadul ieşise el la suprafață. Se afla pe teritoriul Chinei de astăzi, unde ceea ce fusese cândva o zonă

acoperită de păduri tropicale luxuriante s-a transformat într-un cazan de magmă, lavă vâscoasă şi o pătură de gaze nocive care au sporit efectul de seră, au dus la acidificarea oceanele şi au rupt în bucăţi stratul de ozon, distrugând scutul terestru împotriva radiaţiilor ultraviolete.

Viaţa nu-şi revenise încă după acest dezastru când, aproximativ 5 milioane de ani mai târziu, a venit o altă lovitură. Coloana de magmă din China, după cum s-a dovedit, nu era decât *hors-d'oeuvre*. Felul principal a fost o şi mai mare coloană de magmă care, ridicându-se din adâncurile Pământului, a străpuns suprafaţa acestuia în ceea ce este astăzi vestul Siberiei.

Solul a crăpat. Lava care se scurgea din nenumărate fisuri a pavat, în cele din urmă, o zonă de mărimea actualului teritoriu continental al Statelor Unite, de la ţărmul estic până la frontul Munţilor Stâncoşi, cu un strat de bazalt negru, gros de mii de metri. Cenuşa, fumul şi gazul care au însoţit-o au ucis aproape toată viaţa de pe planetă. Dar nu pe loc: tortura s-a prelungit de-a lungul a jumătate de milion de ani de agonie toxică.

Primul dintre preparatele malefice a fost bioxidul de carbon, suficient pentru a crea un efect de seră care a ridicat temperatura medie a suprafeţei Pământului cu câteva grade. Deja lipsite de oxigen şi luptând cu căldura înăbuşitoare, părţi din Pangeea au devenit complet nelocuibile.

Efectul asupra recifelor care mărgineau Oceanul Thetys a fost pur şi simplu catastrofal. Algele iubitoare de soare care trăiau în interiorul polipilor gelatinoşi ce alcătuiau recifele de coral erau extrem de sensibile la temperatură. Când temperatura mării a crescut, ele şi-au părăsit casele, lăsând polipii să moară.[19] Decolorat şi mort, coralul s-a sfărâmat. Coralii netezi şi rugoşi, elementul de bază al ecosistemelor recifului timp de milioane de ani, erau deja în declin ca urmare a schimbării nivelurilor mării, însă evenimentul siberian a fost picătura care a umplut paharul.[20] Fără corali, nenumăratele organisme care depindeau de ei pentru habitat au murit şi ele.

Dar asta n-a fost tot. Vulcanii au pârjolit cerul cu acid. Bioxidul de sulf s-a ridicat mult în atmosferă, unde a contribuit la formarea unor particule microscopice care au permis ca vaporii de apă să se condenseze şi să producă nori ce au reflectat lumina solară în spaţiu, răcind suprafaţa Pământului, chiar dacă temporar. Arşiţa a fost întreruptă de perioade de frig glacial. Şi când ploaia a început să cadă pe pământ, bioxidul de sulf a devenit un acid care a eliminat viaţa vegetală din pământ, a calcinat solul şi a ars arborii, transformându-i

instantaneu în cioturi înnegrite. Urme de acid clorhidric şi chiar fluorhidric au înteţit durerea. Şi înainte să fie eliminat de ploaie, acidul clorhidric a deteriorat stratul de ozon care proteja Pământul de razele ultraviolete periculoase.

În vremuri normale, planctonul din mare şi plantele de pe uscat ar fi curăţat o mare parte din bioxidul de carbon. Însă viaţa vegetală era deja sub stres. Aşa că, în loc să fie absorbit de plante, bioxidul de carbon a fost spălat de ploaie, crescând viteza de eroziune.

Fără plante care să stabilizeze solul, intemperiile l-au curăţat complet, lăsându-l gol. Marea a devenit o supă groasă şi tulbure nu doar cu sedimente, ci şi cu crutoane din cadavrele organismelor – plante şi animale – ucise în măcelul de pe uscat. Bacteriile de putrefacţie au început să lucreze asupra rămăşiţelor, folosind puţinul oxigen rămas. Algele toxice care înfloresc pe un cadavru aveau mult de digerat până să dispară şi acesta. Acizii care clocoteau în apă corodau cochiliile oricărei creaturi pe care o atingeau, dizolvându-le. Chiar dacă au supravieţuit în marea întunecată şi stătătoare, scheletele mineralizate de care depindeau multe creaturi marine au devenit subţiri şi fragile, până când nu s-au mai putut transforma deloc în cochilii.

Şi aveau să vină şi altele. Coloana din manta a destabilizat depozitele de gaz metan, până atunci captive în gheaţă sub Oceanul Arctic. Gazul a ieşit şuierând la suprafaţa mării cu un bubuit şi o spumă care a fost proiectată la sute de metri în atmosferă. Metanul este un gaz de seră mult mai puternic decât bioxidul de carbon. Efectul de seră a crescut vertiginos; lumea a ajuns pe punctul de a lua foc.

Şi dacă asta nu era de ajuns, la fiecare câteva mii de ani, erupţiile trimiteau fuioare de vapori de mercur în atmosferă[21] pentru a otrăvi tot ce nu fusese încă asfixiat, gazat, ars, fiert, fript, prăjit sau dizolvat.

*

În final, la fiecare 20 de specii de animale marine, 19 dispăruseră; la fiecare 10 specii de animale terestre, dispăruseră peste 7 specii. Printre animalele moarte erau unele care nu lăsaseră niciun fel de descendenţi sau rude apropiate.

Extincţia a ucis ultimii trilobiţi, de exemplu. Aceste creaturi agitate asemănătoare cu un păduche de lemn umblaseră pe fundul mării şi înotaseră deasupra lui încă de la începutul Cambrianului. În Permian, însă, erau în declin de multă vreme şi nu mai rămăseseră decât foarte puţine, aşa încât plecarea lor definitivă s-a desfăşurat în linişte, într-o cheie minoră.

La fel şi blastoidele, un grup de echinoderme pedunculate. Între Cambrian şi Permian au existat nu mai puţin de 20 de tipuri de echinoderme, blastoidele fiind printre ultimele care au supravieţuit. Cu toate acestea, echinodermele care încă există sunt, în multe cazuri, atât de familiare, încât orice căutător pe plajă le consideră ceva normal. Astăzi, există doar cinci tipuri: stele-de-mare, ofiuride, castraveţi-de-mare, arici-de-mare şi stele-cu-pene.[22]

Totuşi, ar fi putut foarte uşor să fie doar patru. Însă pentru numai două specii dintr-un gen de arici-de-mare care au rezistat furtunii, aricii-de-mare ar fi fost şi ei condamnaţi la uitare. Supravieţuitorii nu s-au dat bătuţi cu una, cu două, evoluând şi diversificându-se în toţi aricii-de-mare care trăiesc astăzi. Deşi cei moderni sunt foarte diverşi, de la globularii arici violeţi până la dolarii-de-nisip aproape plaţi, aricii-de-mare din Paleozoic au fost şi mai variaţi. Cu toate acestea, toţi aricii-de-mare moderni se trag din fondul genetic limitat care a fost moştenirea celor puţini ce au supravieţuit cataclismului. Însă fără dârzenia acestor câtorva martori la distrugere, aricii-de-mare ar fi lipsit cu desăvârşire de pe ţărmurile moderne şi ar fi fost la fel de îndepărtaţi şi de exotici pentru noi ca şi blastoidele.[23]

Practic toate crustaceele au pierit fie arse de acid, fie înecate în resturile descompuse într-o mare fără aer. Doar foarte puţine specii au supravieţuit. Una dintre ele a fost *Claraia*, o bivalvă care arăta mai degrabă ca o scoică Saint Jacques. În Permian şi înainte de el, regii mării au fost nişte creaturi numite *brahiopode*. La prima vedere, acestea arată ca nişte moluşte bivalve, în sensul că au corpuri moi, închise în două cochilii, precum mâinile împreunate pentru rugăciune, şi trăiesc cernând detritusul din apă. Extincţia de la sfârşitul Permianului a înclinat balanţa. Aproape toate brahiopodele au dispărut, iar astăzi sunt jucători foarte mici în ecosistemul oceanic modern. Prada de război i-a revenit speciei *Claraia* şi descendenţilor ei, lucru care explică de ce astăzi ţărmurile sunt pline de bivalve, precum scoicile cardium şi midiile (şi scoicile Saint Jacques), iar brahiopodele se întâlnesc în general doar ca fosile. Extincţia de la sfârşitul Permianului a avut consecinţe de durată asupra formei de viaţă care se fac simţite până în zilele noastre.

*

Pe uscat, generaţii întregi de amfibieni şi reptile au fost spulberate. Legiunile de pareiazauri greoi, cu coarne şi plini de negi, au dispărut toate. Nici pelicozaurii cu creastă dorsală nu au supravieţuit Permianului. Ca şi majoritatea rudelor lor, terapsidele. Vastele turme de

dicionodonți care păşteau coada-calului şi ferigi pe câmpiile Permianului, au fost aproape în întregime sacrificate, la fel ca gorgonopsienii cu dinți-sabie care îi vânaseră.

Amfibienii au fost aproape complet forțați să se retragă în apa din care apăruseră în Devonian. Toți cei care îşi construiseră o viață pe uscat, adoptând obiceiuri reptiliene, au dispărut. Strămoşul tuturor amniotelor apăruse din acest grup de creaturi, la începutul Carboniferului, făcând viața terestră o propunere mult mai viabilă. Printre viețuitoarele de astăzi nu întâlnim nimic asemănător.

*

Porțile iadului, întredeschise în China şi deschise larg în Siberia, absorbiseră aproape toată viața în abis. Pământul s-a transformat într-un deşert pustiu şi tăcut, puțina viață vegetală rămasă agățându-se de epava unei planete muribunde. Oceanul era practic mort. Recifele dispăruseră, fundul mării era acoperit cu un covor rău mirositor de mâzgă. Era ca şi cum viața fusese catapultată înapoi în Precambrian.

Însă viața avea să revină. Şi când a făcut-o, a fost sub forma celui mai pitoresc şi mai zgomotos spectacol de splendoare pe care lumea l-a văzut vreodată.

6

Triasic Park

După dezastrul care a însemnat sfârşitul perioadei permiene, recuperarea a durat zeci de milioane de ani. Lumea, cândva plină de viaţă atât pe mare, cât şi pe uscat, era relativ pustie. Pregătită, aşadar, pentru oportunişti – precum absolut remarcabilul *Lystrosaurus*.

Cu corpul unui porc, atitudinea intransigentă faţă de hrană a unui golden retriever şi capul unui deschizător de conserve electric, *Lystrosaurus* era echivalentul animal al unei erupţii de buruieni în craterul lăsat de o bombă. *Lystrosaurus* a fost un dicinodont, un membru al acelui grup odinioară mare şi variat de creaturi, terapsidele, care dominaseră uscatul în Permian. Obiceiul său de a se ascunde în vizuini pentru a evita pericolele s-ar putea să-l fi salvat de apocalipsul în care şi-au pierdut viaţa cei mai mulţi dintre semenii săi.

După apariţia sa, succesul s-a datorat în întregime atitudinii sale de tip „mergi oriunde, mănâncă orice" şi craniului său care era mai mult lat decât lung. Muşchi masticatori masivi puneau în mişcare o mandibulă care îşi pierduse toţi dinţii, mai puţin un cioc cornos cu margini ascuţite. Maxilarul superior era de asemenea redus la o lamă, cu excepţia unei perechi de canini alungiţi ca nişte oase de fildeş, pe fiecare parte a unei feţe turtite. Capul puternic funcţiona ca un excavator – săpând, scurmând, cosind şi aruncând cu nemiluita orice găsea în gura-i care mesteca încontinuu.

Imediat după extincţie, şi timp de multe milioane de ani după aceea, viaţa pe uscat a fost o cvasi-monocultură de *Lystrosaurus*. Aceştia cutreierau în turme toată Pangeea şi erau la fel de fericiţi în rarele zone împădurite sau umede ca în deşerturile fierbinţi şi uscate, tipice pentru acea perioadă. Existau, fără îndoială, şi alte animale, dar nouă din zece erau un *Lystrosaurus*: posibil cel mai de succes vertebrat de uscat care a trăit vreodată.

*

Aşadar, în afară de *Lystrosaurus*, ce a supravieţuit? Interesul amfibian pentru o viaţă mult mai terestră al unor animale, precum *Diadectes* şi *Eryops*, nu a dăinuit. Amfibienii triasici erau acvatici, cu obiceiuri şi aspect similare crocodililor. Unii dintre ei însă erau masivi –

şi câteva dintre tipurile mai mari au supravieţuit până la jumătatea Cretacicului, relicve străvechi ale unei ere dispărute, când şi acestea au dispărut definitiv. În cele din urmă, premiul a revenit formelor mai mici. Prima broască, *Triadobatrachus*, a apărut in Triasic.

Deşi răspândit în toată lumea, *Lystrosaurus* a fost mult mai puţin comun în regiunile din nordul şi sudul extrem al supercontinentului Pangeea, mai ales la începutul Triasicului. Regiunile polare ale Triasicului timpuriu, deşi mai reci decât zona ecuatorială toridă, erau aride între cursurile de apă în care amfibienii gigantici continuau să facă legea.

*

Urmaşii reptilieni ai Triasicului au descins din aceste câteva creaturi mici care s-au strecurat sub picioarele (şi în vizuinile) de *Lystrosaurus* în timpul extincţiei.

Odată ajunse în Triasic, s-au diversificat foarte rapid într-o varietate uluitoare de forme, o ripostă sfidătoare la evenimentele care aproape că au distrus iremediabil viaţa.[1] Multe dintre aceste reptile nou apărute s-au îndreptat spre apă.

Alături de broaşte, broaşte-ţestoase au fost un grup de animale care au apărut în Triasic şi, la fel, s-au diversificat în apă. Deşi forma triasică *Proganochelys* arăta ca o ţestoasă de uscat modernă, cu o carapace pe deplin formată de jur împrejur, printre alte ţestoase triasice s-au numărat *Odontochelys*, care avea o carapace pe deplin formată pe burtă (plastronul), însă deasupra doar o carapace parţială, alcătuită din coaste late;[2] *Pappochelys*, de mărimea unei broaşte-ţestoase de apă dulce, la care carapacea şi plastronul nu erau încă formate pe deplin;[3] şi *Eorhynchochelys*, lungă de un metru, care nu avea nici plastron, nici carapace şi prezenta o coadă lungă, foarte atipică broaştelor-ţestoase, împreună cu un cioc tipic de ţestoasă.[4] Triasicul a fost o epocă de aur pentru ţestoase, cvasi-ţestoase şi chiar imitaţii de ţestoase, în care ele au adoptat o varietate foarte mare de forme şi moduri de viaţă.

Oarecum asemănători cu ţestoasele au fost placodonţii,[5] reptile marine lente, cu corpuri groase, adeseori blindate cu o carapace şi dinţi ca nişte pietre tombale, adaptaţi pentru a zdrobi cochiliile de moluşte. În timp ce placodonţii scurmau în mâl după crustacee, alte reptile – notozaurii şi destul de asemănătorii talatozauri şi pachypleurozauri – străbăteau în viteză apele sclălucitoare de deasupra în căutare de peşte. Aceste creaturi erau agere, cu gâturi şi cozi lungi, şi membre care serveau ca înotătoare. Notozaurii erau înrudiţi cu plesiozaurii, animale

adesea mai mari şi chiar mai acvatice, care au evoluat mult mai târziu. Dar, la fel ca placodonţii, şi notozaurii, pachypleurozaurii şi talatozaurii au trăit şi au murit în Triasic.

În apele puţin adânci, colinda după pradă, şi anume după peşte, *Tanystropheus*, o creatură lungă de şase metri al cărei gât era la fel de lung sau chiar mai lung decât corpul şi coada la un loc. Şi mai curios, gâtul era foarte rigid, fiind alcătuit doar din vreo douăsprezece vertebre extrem de lungi. Dintre toate ciudăţeniile carnavalului reptilian care a fost Triasicul, *Tanystropheus* a fost una dintre cele mai bizare.

Veneau apoi drepanozaurii.

Aceste creaturi neobişnuite petreceau mult timp atârnând deasupra apei, suspendate de cozile lor prehensile, prevăzute la capăt cu o gheară rigidă care acţiona ca o ancoră. Astfel agăţate şi ajutate de gheare ca nişte cârlige dispuse pe unul dintre degetele fiecărui membru anterior, ele loveau puternic apa pentru a prinde peşti pe care, în cele din urmă, îi străpungeau şi îi înghiţeau cu ciocurile lor lungi ca de pasăre.[6]

În mările triasice trăiau şi hupehsuchidele[7], un mic grup de reptile acvatice cu membre scurte şi butucănoase şi boturi lungi, ca un cioc. Aceste creaturi bizare erau înrudite cu ihtiozaurii – cele mai mari reptile acvatice. Ihtiozaurii, care au apărut tot în Triasic, aduceau întrucâtva cu delfinii. Trăiau exclusiv în mare şi năşteau pui vii, precum balenele, unii dintre ei ajungând chiar la dimensiunile unei balene. *Shonisaurus*[8] din Triasic ajungea la 21 de metri lungime, fiind nu doar cel mai mare ihtiozaur, ci şi cea mai mare reptilă marină cunoscută. Deşi ihtiozaurii au trăit până târziu în Cretacic, nu a existat niciun animal care să-i egaleze în perioada lor de glorie din Triasic.

*

Pe uscat, monstruoşii pareiazauri cu coarne şi plini de negi din Permian îşi păscuseră ultima masă: nu însă şi verii lor mult mai mici şi destul de îndepărtaţi, procolofonidele. Aceste creaturi mici, îndesate şi ţepoase, aveau cranii mari pline de dinţi adaptaţi pentru a sfărâma vegetaţia sau insectele. În orice tufăriş de ferigi şi cicade din Triasic se aflau una sau mai multe astfel de creaturi discrete, dar harnice. Dacă dădeai la o parte o creangă, le puteai vedea zbughind-o în întuneric. În Triasic, procolofonidele erau peste tot – până la sfârşitul lui, dispăruseră toate.

La vremea respectivă, însă, ar fi putut fi uşor confundate cu sfenodonţii la fel de ţepoşi şi asemănători cu o şopârlă care, ca şi procolofonidele, erau omniprezenţi. Dar spre deosebire de acestea,

sfenodonții au supraviețuit și continuă să trăiască – foarte greu – și în zilele noastre. Singurul sfenondont existent este tuatara, limitat acum la câteva insulițe din largul Noii Zeelande, ultimul dintr-o linie evolutivă care s-a ivit cu aproape un sfert de miliard de ani în urmă.

La fel a fost și în cazul primelor scuamate adevărate – strămoșii șopârlelor și șerpilor moderni. Acestea au apărut tot în Triasic, cu forme precum *Megachirella*.[9] Multe reptile mici, timpurii aduceau cu șopârlele, dar *Megachirella* chiar era una.

Asemenea amfibienilor mici din Carbonifer, șopârlele au avut tendința să-și piardă picioarele. Acest lucru s-a întâmplat de multe ori în evoluția șopârlelor. Punctul culminant al acestei direcții a fost apariția șerpilor, dar mult mai târziu, în Jurasic, când ruperea supercontinentului Pangeea a dus la un progres evolutiv al șopârlelor și șerpilor.[10] Asta nu înseamnă că șerpii și-au pierdut brusc picioarele – unele forme timpurii și-au păstrat membrele posterioare. Șarpele cretacic *Pachyrhachis*, care se târa pe țărmurile sudice ale Oceanului Tethys, avea membre posterioare mici, vestigiale.[11] O altă formă, *Najash*, avea membre posterioare mult mai solide, atașate osului sacral și complet utilizabile, și trăia pe uscat.[12] Prin urmare, imediat ce au evoluat, șerpii s-au diversificat într-o varietate de șerpi de vizuină și șerpi înotători.

*

Lystrosaurus – și încă unul sau doi dicinodonți mai rar întâlniți care au trecut cu bine de sfârșitul Permianului – au continuat să evolueze și să se diversifice, dând naștere unei varietăți de animale similare, dar mult mai mari, precum *Kannemeyeria*, de mărimea unei vaci. Aceste creaturi cutreierau câmpiile alături de rhynchozauri, care erau destul de asemănători cu dicinodonții, cu trupuri greoaie și boturi ca un cioc, dar erau mai strâns înrudiți cu stăpânii Triasicului – arhozaurii sau Reptilele Conducătoare.

Arhozaurii timpurii nu erau toți mici. Unul dintre primii arhozauri a fost imensul și înspăimântătorul *Erythrosuchus*, un monstru de cinci metri care a evoluat pentru a profita de abundenta cămară mobilă care era *Lystrosaurus*.

*

Astăzi, arhozaurii sunt reprezentați de două genuri foarte diferite de animale – crocodilii și păsările. În Triasic, păsările nu existau încă, dar

exista o varietate năucitoare de animale care arătau mai mult sau mai puțin ca niște crocodili.

Probabil cele mai asemănătoare erau fitozaurii, care ar fi putut fi cu ușurință confundați cu crocodilii, diferența fiind că aveau nările în vârful capului, și nu la capătul acestuia, ceea ce le permitea să înoate mai ușor sub apă, la suprafața ei apărând doar o mică parte din corpul lor. Fitozaurii erau carnivori sau, posibil, mâncători de pește. Rudele lor, aetozaurii, erau vegetarieni, protejându-se cu carapace spinoase și blindate, o anticipare a ankylozaurilor ce aveau să evolueze 100 de milioane de ani mai târziu.

Aetozaurii ar fi trebuit să se teamă mai mult de înspăimântătorii rauisuchiani, prădători patrupezi ce atingeau șase metri lungime, cu cranii adânci și puternice care arătau neobișnuit, precum cele ale dinozaurilor mari, carnivori, ca de pildă, *Tyrannosaurus*. Deși mulți aligatori se târăsc, ei se pot deplasa și într-un așa-numit „mers înalt", în care își țin membrele mai strâns sub corp. Acesta este mult mai eficient din punct de vedere energetic pentru viața terestră. Și rauisuchianii mergeau așa și la fel se deplasau multe dintre rudele lor arhozauriene. Câteva au fost totuși bipede, cel puțin o perioadă.

*

Pe mare, pe uscat – și în aer. Permianul și Triasicul au fost martorii câtorva încercări de zbor ale vertebratelor, dornice să urmărească insectele care puseseră stăpânire pe acest mediu în Carbonifer, iar în Triasic se diversificaseră într-o mulțime de forme neobișnuite. Variate tipuri de reptile care planau vânau libelule prin pădurile permiene și triasice: creaturi precum *Kuehnosaurus*, care arăta și se comporta la fel ca actuala șopârlă zburătoare *Draco*. O altă formă, mai tipic triasică – în sensul că era foarte ciudată și nu semăna cu nimic de dinainte și nici de atunci încoace – a fost *Sharovipteryx*. Aceasta plutea ușor printre copaci folosindu-se de o membrană de piele întinsă între membrele posterioare foarte alungite.

Cu toate acestea, vertebratele au început să zboare efectiv, nu doar să planeze din copac în copac, abia în perioada triasică. Acești aeronauți au fost pterozaurii (cunoscuți cândva sub numele de pterodactili), care erau arhozauri și veri ai dinozaurilor.[13] Aripile lor erau niște membrane elastice de mușchi și piele, întinse între brațe și corp pe un deget inelar (al patrulea) foarte lung – cuvântul „pterodactil" însemnă „aripă deget". Primii pterozauri erau mici și temători, cam ca liliecii. Și, la fel ca liliecii, aveau pielea moale.

Pe măsură ce au evoluat, pterozaurii au tot crescut până când, la sfârşitul Cretacicului, ultimii erau de mărimea unui aeroplan mic şi abia mai zburau. Având o constituţie uşoară, dar aripi enorme, tot ce trebuiau să facă pentru a-şi lua zborul era să-şi întindă aripile în briză şi fizica făcea restul. I-a ajutat alcătuirea lor delicată, scheletele lor transformându-se în fuzelaje pătrate, rigide, alcătuite din oase subţiri ca hârtia. Cei mai mari pterozauri erau adaptaţi pentru a se ridica pe curenţi ascensionali în aerul nemişcat. Aceste planoare vii puteau lua viraje foarte strânse pentru a profita şi de cel mai îngust canal al unui curent ascensional, chiar dacă nu depăşea anvergura propriilor aripi, ridicându-se din ce în ce mai sus până când – la altitudine – se desprindeau de curent şi pluteau în jos pentru a prinde altul.[14] În felul acesta, puteau călători pe distanţe mari aproape fără niciun efort. Pterozauri gigantici, precum *Pteranodon*, pluteau pe deasupra mărilor care s-au deschis pe măsură ce Pangeea se destrăma, zburând între continentele tinere, ce se îndreptau spre direcţii diferite.

Doar pterozaurii cu adevărat mari, precum *Pteranodon*, giganticul *Quetzalcoatlus* şi probabil chiar şi mai marele *Arambourgiana*, s-ar fi putut înălţa în felul acesta. Nicio forţă n-ar fi putut pune în mişcare acele aripi uriaşe fără să le deformeze. Iar pterozaurii nu aveau sternul carenat al păsărilor de care sunt ancoraţi puternicii lor muşchi de zbor (acesta e pieptul de pasăre pe care îl mâncăm). Doar pterozaurii mărunţi aveau aripi suficient de mici pentru a zbura bătând din aripi, precum liliecii.[15] De fapt, ultimii şi cei mai mari pterozauri nu mai zburau aproape deloc, doar se mişcau greoi pe sol ca nişte enorme corturi mobile şi dat fiind că aveau nişte capete uriaşe, ar fi putut să se privească ochi în ochi cu o girafă.

Dezintegrarea continentului Pangeea a fost un moment oportun pentru şerpi şi şopârle. Pentru pterozaurii care călătoreau pe curenţii de aer la mare înălţime a însemnat pieirea. Deriva continentală din Jurasic şi Cretacic a creat un climat variat şi furtunos, foarte diferit de temperaturile mai regulate ale Triasicului. Deşi climatul Pangeei era adesea foarte solicitant, vânturile, în afara sezonului musonic, nu erau puternice. Absenţa gheţii la poli şi oceanul liber ce permitea căldurii să circule la toate latitudinile a însemnat că diferenţa de temperatură dintre poli şi Ecuator era foarte mică. Când însă climatul a devenit mai răcoros, aceste creaturi ca nişte zmeie uriaşe şi delicate au fost proiectate cu capul înainte, izbindu-se de pământ, precum umbrelele rupte şi sfărâmându-se în urma impactului.

*

În toiul dominației reptilelor, puține – foarte puține – terapside care nu erau dicinodonți au rezistat. La începutul Triasicului, cinodonți de mărimea unui câine, precum *Cynognathus* și *Thrinaxodon,* au îndeplinit rolurile de carnivore mici și mijlocii. Pe măsură ce epocile treceau, creaturile din această linie evolutivă au devenit tot mai mici și mai blănoase și, strecurându-se aproape neobservate în unghere părăsite și nocturne, s-au transformat în mamifere. Însă vremea lor nu venise încă.

*

Printre arhozaurii bipezi s-au numărat primii dinozauri care au apărut, târziu în Triasic, în urma ascensiunii rauisuchianilor, rinocefalienilor și altor animale mai mult sau mai puțin asemănătoare cu crocodilii.

La originea dinozaurilor și pterozaurilor – arhozauri din „linia păsărilor", distinctă de ascendența care a dus la crocodili – stă un grup de creaturi triasice numite afanozauri, precum *Teleocrater* – un patruped lung și scund care aducea mai degrabă cu un crocodil, dacă n-ar fi avut gâtul mai lung și capul mic.[16]

E greu de imaginat, uitându-te la un animal precum *Teleocrater*, că descendenții săi urmau să aibă un destin minunat și hotărâtor, în timp ce aproape tot neamul lor arhozaur avea să piară. A existat însă un indiciu în oasele lui. Afanozaurii au avut o rată de creștere ușor mai ridicată decât mulți alți arhozauri și au fost ceva mai activi și mai conștienți de lumea lor.

Chiar mai apropiați de dinozauri au fost silezaurii. Aceștia erau mai supli și mai grațioși decât afanozaurii, cu cozi și gâturi lungi: dar încă aveau toate cele patru picioare pe pământ.[17] Până la sfârșitul Triasicului, toți afanozaurii și silezaurii dispăruseră. Însă rudele lor cele mai apropiate, dinozaurii, au adoptat poziția pe două picioare ca mod de viață, nu ca pe ceva sporadic, și și-au construit întreaga anatomie în jurul ei. Iar Pământul avea să fie al lor.

Era dinozaurilor a început discret, în interiorul cald și umed al continentului Gondwana, departe de coastele lovite de furtuni ale Oceanului Tethys și de arșița deșerturilor înconjurătoare. Deși începuseră să se diversifice în teropodele carnivore și sauropodele vegetariene pe care le cunoaștem din istoria lor ulterioară, dinozaurii au fost o atracție relativ minoră în carnavalul triasic al dicinodonților, rhyncozaurilor, rauisuchianilor, aerozaurilor, fitozaurilor și amfibienilor gigant.

Dar, pe măsură ce unele dintre erbivorele mai mari – dicinodonții și rhyncozaurii – au început să intre în declin, dinozaurii erbivori le-au luat locul. Mai mult decât atât, s-au mutat în regiunile mai nordice și, în cele din urmă, în deșerturile dinspre Ecuator la care, anterior, nu avuseseră acces. Dar chiar și atunci, au continuat să fie doar actori mărunți în piesa mult mai mare a arhozaurilor din linia crocodililor. Teropode precum *Coelophysis* și *Eoraptor*[18] au fost niște oportuniști mici și agili, foarte departe de monștrii Jurasicului și Cretacicului. Rauisuchianii continuau să facă regulile pe uscat; amfibienii gigant, în râuri și lacuri; și o mulțime de alte reptile în mare. Sauropodele și neamul lor, de exemplu, *Plateosaurus*, erau mari, dar nu uriașele balene de uscat care aveau să devină *Brachiosaurus* sau *Diplodocus*. Către sfârșitul Triasicului, nu existau niciun fel de semne vizibile că destinul avea să-i favorizeze pe dinozauri mai mult decât pe un alt grup reptilian. Dinozaurii au ocupat locurile din mijloc în orchestra reptiliană a Triasicului, în spatele soliștilor principali, și au rămas acolo timp de 30 de milioane de ani.

*

Și, ca întotdeauna, în adâncul lui, Pământul continua să se miște. Pangeea, supercontinentul format în decursul a sute de milioane de ani din fragmentele desprinse din Rodinia, începea să se rupă el însuși.

A început într-un punct vulnerabil, o îmbinare în scoarță, unde mai avuseseră loc astfel de evenimente. Cu mult înainte de Pangeea, ea marca linia unde Munții Apalași, care merg paralel cu țărmul răsăritean al Americii de Nord, se formaseră în urma coliziunii a două plăci continentale în Ordovician, cu 480 de milioane de ani în urmă, făcând să dispară un ocean mai vechi.

În Triasicul târziu, scoarța a început să se separe, mai mult sau mai puțin de-a lungul aceleiași linii, pentru a crea ceea ce avea să devină un nou ocean – Atlanticul. S-a format un graben uriaș, o tăietură adâncă în Pământ, care se întindea din Caroline, în sud, până la Golful Fundy, în nord. Pe măsură ce se lărgea, sedimente de pe ambele laturi s-au prăbușit în gol, creând un mozaic în continuă schimbare de râuri și lacuri pline de viață, dar străjuit de vulcani de fiecare parte.

A venit și vremea când scoarța s-a subțiat atât de mult încât monstrul care pândea în adâncuri a putut să se dezlănțuie. Cu aproximativ 201 milioane de ani în urmă, o pustulă de magmă a erupt, acoperind cu bazalt estul Americii de Nord și regiunile pe atunci adiacente ale Africii de Nord, și emanând bioxid de carbon, cenușă, fum

şi de acum familiarul amestec de gaze toxice. Temperatura globală, deja ridicată, a urcat vertiginos, atingând extreme şi mai ostile vieţii. A fost ca şi cum Pământul, marcat încă de eşecul său de a distruge orice formă de viaţă cu 50 de milioane de ani în urmă, făcea o nouă încercare.

Această criză a durat 600 000 de ani.

Până la urmă, marea a inundat grabenul, începuturile a ceea ce avea să devină Oceanul Atlantic. Dar multe dintre animalele care ar fi cutreierat mările nou create nu mai erau: thalattozaurii, pachypleurozaurii, notozaurii, hupehsuchidele şi placodonţii dispăruseră. Ihtiozaurii au supravieţuit, împreună cu un descendent al notozaurilor, plesiozaurii. Pe uscat, dicinodonţii şi procolofonidele, rauisuchianii şi rhyncozaurii, silezaurii, bizarul *Sharovipterix*, *Tanystropheus* şi drapnozaurii – pieriseră toţi. Marele circ triasic plecase din oraş, lăsând în urmă o trupă de supravieţuitori zdrenţăroşi.

Diversitatea animalelor asemănătoare cu crocodilii s-a redus la linia evolutivă care a dat naştere crocodililor pe care îi vedem astăzi. Amfibienii gigantici au supravieţuit şi ei, chiar dacă la limită, alături de pterozauri, de câteva mamifere şi de rudele lor cinodonte terapside asemănătoare cu mamiferele, nou-apăruţii sfenodontieni, broaştele-ţestoase, broaştele şi şopârlele – şi dinozaurii.

Faptul că dinozaurii au supravieţuit, în vreme ce atâtea creaturi similare de tipul crocodilului nu au făcut-o, rămâne un mister. S-ar putea să fi fost pur şi simplu o chestiune de noroc. La sfârşitul Permianului, câştigător la loteria vieţii a fost *Lystrosaurus*. Dar acum, cei care aveau să se afirme şi să se diversifice pentru a umple lumea nou creată au fost dinozaurii.

7

Dinozauri în zbor

Dinozaurii avuseseră dintotdeauna o constituție propice zborului. A început cu loialitatea lor față de mersul biped care fusese mereu mai mare decât a multora dintre rudele lor asemănătoare cu crocodilii.[1]

Majoritatea patrupedelor au centrul de greutate în zona pieptului. E nevoie de foarte multă energie pentru ca ele să se ridice pe picioarele din spate. De aceea le este greu să stea confortabil în poziție verticală un timp îndelungat. La dinozauri, în schimb, centrul de greutate era deasupra şoldurilor. Un corp relativ scurt aplecat înainte pe şolduri era contrabalansat de o coadă lungă şi groasă. Folosindu-şi şoldurile ca punct de sprijin, dinozaurii puteau sta pe picioarele din spate fără niciun efort. Spre deosebire de membrele butucănoase, robuste ale majorității amniotelor, picioarele din spate ale dinozaurilor erau lungi şi subțiri. Picioarele sunt mai uşor de mişcat dacă sunt mai suple către capete. Cu cât picioarele sunt mai uşor de mişcat, cu atât este mai uşor să alergi repede. Membrele anterioare, nemaifiind necesare pentru alergare, s-au redus, ele putând fi folosite pentru alte activități, cum ar fi cățărarea sau înhățarea prăzii.

Alcătuiți asemenea unei pârghii lungi, balansate pe picioare lungi, dinozaurii aveau un sistem de coordonare care le monitoriza în permanență poziția corpului. Creierele şi sistemele lor nervoase erau la fel de precise ca ale oricărui alt animal. Toate acestea au însemnat că dinozaurii puteau nu doar să stea în picioare, ci şi să alerge, să meargă țanțoş, să pivoteze şi să facă piruete cu o ținută şi o grație nemaivăzute până atunci pe Pământ. Lucru care avea să se dovedească o formulă câştigătoare.

Dinozaurii au măturat totul în calea lor. Până la sfârşitul Triasicului, se diversificaseră şi ocupaseră toate nişele ecologice de pe uscat, aşa cum făcuseră terapsidele în Permian – însă cu o eleganță desăvârşită. Dinozauri carnivori de toate mărimile vânau dinozauri erbivori care, pentru a se apăra, fie ajungeau la dimensiuni mari, fie se acopereau cu o armură atât de groasă încât semănau cu un tanc. În cazul sauropodelor, dinozaurii s-au întors la mersul patruped şi au devenit cele mai mari animale terestre care au trăit vreodată, unii dintre ei măsurând peste 50 de metri lungime şi, în cazul lui *Argentinosaurus*,[2] cântărind peste 70 de tone.

Cu toate acestea, n-au scăpat complet de prădători. Au fost vânați de carnivore gigantice: rechini de uscat, precum *Carcharodontosaurus* și *Giganthosaurus*,[3] care au culminat – în ultimele zile ale dinozaurilor – cu *Tyrannosaurus Rex*.

În această creatură singulară, potențialul alcătuirii unice a dinozaurilor a fost dus la extrem. Membrele posterioare ale acestui monstru de cinci tone erau coloane gemene de tendoane și mușchi, viteza și grația strămoșilor săi fiind înlocuite cu o vigoare extraordinară și o forță aproape de neoprit.[4] Bine cumpănit pe coapsele sale puternice de o coadă lungă, corpul era relativ scurt, picioarele din față reduse la simple vestigii, masa concentrată în mușchii puternici ai gâtului și în fălcile pronunțate. Fălcile erau pline de dinți, fiecare de mărimea, forma și grosimea unei banane – dacă bananele ar fi fost mai tari ca oțelul – și aveau destulă forță pentru a zdrobi oasele,[5] străpungând armura erbivorelor lente și mari cât un autobuz, dar altfel bine apărate, precum ankilozaurii și *Triceratops* cu cele trei coarne ale sale. *Tyrannosaurus* și rudele lui smulgeau hălci însângerate din prada lor și le înghițeau întregi – carne, oase, platoșă și tot ce mai rămânea.[6]

Dar dinozaurii excelau și în a fi mici. Unii erau atât de mici încât ar fi putut să-ți danseze în palmă. *Microraptor*, de exemplu, era de mărimea unei ciori și nu cântărea mai mult de un kilogram; ciudatul *Yi*, asemănător cu un liliac, mic și ca nume, și ca dimensiune, avea mai puțin de jumătate din greutatea unui *Microraptor*.

*

La terapside, dimensiunile variau de la cea a unui elefant mare până la un terier mic, însă dinozaurii au depășit chiar și aceste extreme. Cum de-au ajuns dinozaurii să fie atât de mari – și atât de mici?

Totul a început cu felul în care respirau.

Cândva demult în istoria amniotă existase o ruptură. La mamifere – ultimele terapside supraviețuitoare, veterani din Triasic care continuau să reziste vitejește în umbra dinozaurilor –, ventilația era o chestiune de inspirație și expirație. Analizată în mod obiectiv, aceasta este o metodă ineficientă de a introduce în corp oxigen și a elimina bioxid de carbon. Se pierde energie trăgând pe gură și pe nas aer proaspăt ce coboară în plămâni, unde oxigenul este absorbit în vasele de sânge care îi înconjoară. Însă aceleași vase de sânge trebuie să deverseze în aceleași spații bioxid de carbon rezidual ce trebuie eliminat prin aceleași orificii prin care a intrat aerul proaspăt. Asta înseamnă că e foarte greu să

cureți imediat tot aerul viciat sau să umpli fiecare colțișor și crăpătură cu aer proaspăt dintr-o singură inspirație.

Celelalte amniote – dinozauri, șopârle și altele – inspirau și expirau tot prin aceleași orificii, dar ceea ce se întâmpla între expirație și inspirație era destul de diferit. Ele au dezvoltat un sistem unidirecțional de control al aerului care făcea respirația mai eficientă. Aerul intra în plămâni, dar nu ieșea imediat. În schimb, era derivat, ghidat de valve unidirecționale, printr-un sistem extins de saci de aer în întregul corp. Deși întâlnit și astăzi la unele șopârle,[7] cei care au dus acest sistem la cel mai înalt nivel au fost dinozaurii. Interstițiile cu aer – în ultimă instanță, extensii ale plămânilor – înconjurau organele interne și au pătruns până și în oase.[8] Dinozaurii erau plini cu aer.

Acest sistem de control al aerului a fost la fel de elegant pe cât a fost de necesar. Cu sisteme nervoase puternice și vieți active care necesitau cantități mari de energie, temperatura din corpul dinozaurilor creștea. O astfel de activitate intensă avea nevoie de cel mai eficient sistem de transport al aerului spre țesuturile însetate de oxigen care se putea inventa. Această circulație a energiei crea căldură în exces. Sacii de aer sunt o bună modalitate de a o împrăștia. Și acesta a fost secretul dimensiunii enorme la care au ajuns unii dinozauri – erau răciți cu aer.

*

Dacă un corp crește, dar își menține forma, volumul său va crește mult mai repede decât suprafața sa.[9] Asta înseamnă că, pe măsură ce un corp devine mai mare, interiorul său este mai mare în raport cu exteriorul. Acest fapt poate deveni o problemă, atât când vine vorba de obținerea hranei, apei și oxigenului de care un corp are nevoie, cât și de eliminarea reziduurilor și a căldurii generate prin digerarea hranei și alte activități, deoarece zona disponibilă pentru a introduce și scoate lucruri se micșorează în raport cu volumul țesuturilor care trebuie alimentate în felul acesta.

Majoritatea creaturilor sunt microscopice, așa că nimic din toate astea nu ridică o problemă, dar pentru orice vietate mai mare decât un semn de punctuație, ea devine una. Acest lucru se rezolvă inițial dezvoltând sisteme specializate de transport, precum vasele de sânge, plămânii și așa mai departe; iar apoi schimbând forma și creând sisteme extinse sau sinuoase ce acționează ca niște radiatoare, începând cu aripile pelicozaurilor și urechile elefanților și până la complexitatea internă a plămânilor care, pe lângă schimbul de gaze, îndeplinesc și funcția importantă de a disipa excesul de căldură.[10]

Când au fost în cele din urmă eliberate dintr-o lume dominată de dinozauri şi au reuşit să depăşească dimensiunile unui bursuc, mamiferele au rezolvat această problemă de izolaţie prin năpârlire în timp ce creşteau, şi prin transpiraţie. Transpiraţia secretă apă pe suprafaţa pielii şi, pe măsură ce aceasta se evaporă, energia necesară pentru a transforma transpiraţia lichidă în vapori este disipată prin mici vase de sânge aflate imediat sub piele, creând un efect de răcorire. Însă şi aerul expirat din plămâni contribuie la pierderea căldurii – acesta fiind motivul pentru care unele dintre mamiferele blănoase gâfâie, scoţând o limbă lungă şi umedă şi bucurându-se de efectele evaporării. Cel mai mare animal terestru a fost *Paraceratherium*, o rudă înaltă, fusiformă şi lipsită de coarne a rinocerilor, care a trăit acum vreo 30 de milioane de ani, mult după ce dinozaurii dispăruseră. El ajungea la aproximativ patru metri înălţime la umăr şi cântărea până la 20 de tone.

Cei mai mari dinozauri erau însă mult, mult mai mari. Suprafaţa unui sauropod gigantic, precum *Argentinosaurus*, cu o greutate de 70 de tone şi o înălţime de 30 de metri, fiind printre cele mai mari animale terestre care au existat vreodată, era minusculă în comparaţie cu volumul său. Nici măcar unele schimbări de formă, precum extinderea gâtului şi a cozii, nu au fost suficiente pentru a risipi toată căldura generată de interiorul său încăpător.

Deşi sauropodele erau foarte mari, există o regulă de bază conform căreia animalele mari au ritmuri metabolice mai lente decât cele mici, astfel că, în general, temperatura corpurilor lor este mai scăzută. Ar fi luat mult timp ca un dinozaur de mărimea aceea să se încălzească la soare – dar la fel de mult ar fi luat şi răcorirea, aşa că un dinozaur foarte mare, odată încălzit, ar fi putut să-şi menţină o temperatură relativ constantă a corpului doar în virtutea faptului că era foarte mare.[11]

Cu toate acestea, ceea ce i-a salvat pe dinozauri şi le-a permis să ajungă atât de mari a fost genealogia. Întrucât plămânii lor, deja voluminoşi, s-au extins într-un sistem de saci de aer care s-a ramificat în întreg corpul, aceste animale erau mai puţin masive decât păreau. În plus, sacii de aer din interiorul oaselor au menţinut scheletul uşor. Scheletele celor mai mari dinozauri au fost un triumf al ingineriei biologice, oasele fiind reduse la o serie de proptele goale, purtătoare de greutate (având cât mai puţine piese nepurtătoare de greutate cu putinţă).

Dar esenţial era faptul că sistemul intern al sacilor de aer nu numai că direcţiona căldura din plămâni, ci şi prelua în mod direct căldura de la organele interne, fără a fi nevoie să o transporte mai întâi în jurul corpului, prin intermediul sângelui, şi apoi către plămâni, disipând o

parte din ea pe drum şi rezolvând problema. Un beneficiar important a fost ficatul, care genera foarte multă căldură şi care, la un dinozaur mare, era de dimensiunea unei maşini. Sistemul de răcire cu aer al dinozaurilor a fost mai eficient decât versiunea de răcire cu lichid a mamiferelor.[12] Asta le-a permis dinozaurilor să devină mult mai mari decât ar fi putut s-o facă vreodată mamiferele fără să fiarbă de vii.

Argentinosaurus a fost mai puțin un mastodont greoi decât o... pasăre sprintenă, patrupedă şi incapabilă să zboare. Fiindcă păsările, urmaşele dinozaurilor, sunt cele care au aceeaşi structură uşoară, acelaşi metabolism rapid şi acelaşi sistem de răcire cu aer. Iar toate aceste caracteristici sunt extrem de avantajoase pentru zbor, o activitate care necesită o constituție uşoară.

*

Zborul este de asemenea asociat cu penele. Un strat de penaj a fost o trăsătură a dinozaurilor încă de la începutul istoriei lor. Inițial, penele semănau mai mult cu nişte peri, o trăsătură pe care o aveau şi pterozaurii, primul grup de vertebrate care au învățat să zboare, în Triasic – şi rude apropiate ale dinozaurilor.[13] Chiar şi în absența zborului, un strat de pene oferea o izolație esențială pentru un animal mic, generând foarte multă căldură. Problema cu care se confruntau dinozaurii mici, activi, a fost opusul celei cu care se confruntau dinozaurii foarte mari – să împiedice toată acea căldură costisitoare să se risipească în mediu.[14] Dar asemenea pene simple au dezvoltat curând aripi, fulgi şi culori.[15] Animalele inteligente şi active ca dinozaurii aveau o viață socială agitată, în care etalarea socială juca un rol important.

O altă cheie a succesului dinozaurilor a fost depunerea ouălor. Deşi vertebratele în general au depus dintotdeauna ouă – un obicei care a permis cucerirea definitivă a uscatului de către primele amniote –, multe vertebrate s-au întors la obiceiul ancestral, întâlnit la primele vertebrate cu fălci, de a naşte pui vii. Totul e doar o chestiune de a găsi o strategie care protejează puii fără a implica un cost prea împovărător pentru părinte. Mamiferele au început prin a depune ouă. Aproape toate au devenit vivipare, embrionul dezvoltându-se intern, dar cu un preț enorm. Gestația presupune cheltuieli de energie imense, iar asta stabileşte limitele dimensiunilor pe care mamiferele le pot atinge pe uscat.[16] Mai mult, limitează numărul de pui pe care îi pot produce o dată.[17]

Pe de altă parte, niciun dinozaur nu şi-a crescut vreodată puii în felul acesta. Toți dinozaurii depuneau ouă – la fel ca toți arhozaurii. Fiind

creaturi inteligente, active, dinozaurii au sporit la maximum succesul puilor lor incubând ouăle în cuiburi şi având grijă de pui după eclozare. Mulţi dinozauri, în mod special erbivorele care trăiau în turme, precum sauropodele, şi hadrozaurii mai mici şi bipezi, care au înlocuit în mare măsură sauropodele în Cretacic, îşi făceau cuiburile în colonii comune care dominau peisajul, întinzându-se de la un orizont la altul. Femelele de dinozauri se bazau pe compoziţia propriilor oase ca să furnizeze suficient calciu pentru ouăle lor, un obicei pe care păsările l-au păstrat.[18]

A fost un sacrificiu care merita făcut având în vedere avantajele oferite de depunerea de ouă. Oul amniot este una dintre capodoperele evoluţiei. El constă nu doar dintr-un embrion, ci dintr-o capsulă completă de susţinere a vieţii. Oul conţine suficientă hrană pentru a duce un animal până la eclozare, dar şi un sistem de eliminare a reziduurilor care să garanteze că această biosferă autonomă nu va fi otrăvită. Depunerea unui ou însemna că un dinozaur era scutit de problemele şi costurile dezvoltării puilor în propriul corp.

Unii dinozauri consumau energie având grijă de puii lor după eclozare – însă nu erau neapărat obligaţi să o facă. Unii îşi depuneau ouăle într-o groapă călduroasă sau în gunoi şi lăsau puii să-şi încerce norocul. Energia cheltuită cu reproducerea şi îngrijirea unui număr mic de pui ar fi putut fi folosită în altă parte – de exemplu, pentru depunerea unui număr mult mai mare de ouă decât ar fi permis gestaţia. Şi, desigur, pentru creştere. Dinozaurii creşteau rapid. Sauropodele trebuiau să crească pe cât de repede posibil, până când ajungeau prea mari pentru a mai putea fi atacate de carnivore. Drept răspuns, carnivorele trebuiau să crească şi ele rapid. *Tyrannosaurus rex*, de pildă, ajungea la greutatea sa adultă de cinci tone în mai puţin de 20 de ani, crescând cu până la două kilograme pe zi – un ritm de creştere cu mult mai rapid decât cel al rudelor sale mai mici.[19]

*

Dinozaurii şi rudele lor imediate au petrecut milioane de ani acumulând tot ce aveau nevoie pentru a zbura: pene, un metabolism rapid, o răcire eficientă cu aer pentru a-l ţine sub control, o constituţie uşoară şi un devotament unic faţă de depunerea de ouă.[20] Unii dinozauri au folosit unele dintre aceste adaptări pentru a face lucruri complet necaracteristice pentru păsări, de pildă, să ajungă la o dimensiune pe care niciun alt animal terestru nu a depăşit-o încă. Până

la urmă, dinozaurii au fost pregătiți să se înalțe în aer. Așadar, cum au făcut acel pas final și și-au luat zborul?

Povestea a început în Jurasic, când o linie de dinozauri mici, deja carnivori, a evoluat către dimensiuni și mai mici. Cu cât deveneau mai mici, cu atât pielea lor se umplea de pene, întrucât animalele mici, cu metabolism rapid, trebuie să se încălzească. Aceste animale trăiau uneori în copaci – cu atât mai bine pentru a scăpa de atenția rudelor lor mai mari. Unele au descoperit cum să-și folosească aripile cu pene pentru a rămâne mai mult timp în aer – și astfel s-au preschimbat în păsări.

*

O suprafață portantă, precum este o aripă, nu are nimic magic. Ea este modelată în așa fel încât dislocă aerul prin care se mișcă, făcând ca unele pachete de aer să se miște extrem de repede, în timp ce altele rămân nemișcate în turbioane și vârtejuri. Rezultatul net al tuturor acestor schimbări de viteză este o forță ascensională pe aripă. Această forță crește proporțional cu viteza cu care se mișcă aripa. Forța respectivă este numită „portanță".

Există două modalități de a te ridica în aer.

Prima este de la nivelul solului sau de pe apă. Presupusul aeronaut aleargă cât poate de repede în vânt, dând din aripi cât poate de tare. Decolarea este teoretic posibilă chiar dacă aripile sunt ținute rigid la orizontală, însă niciun animal zburător nu e un alergător atât de puternic. Cu toate acestea, fluturarea aripii modifică distribuția vitezei aerului ce se mișcă în jurul ei pentru a crește și mai mult portanța, făcând improbabilul posibil.[21]

A doua modalitate de a ajunge în aer este să te cocoți într-un loc înalt și să-ți dai drumul, lăsând accelerația gravitațională să-și facă treaba. E chiar mai ușor dacă cineva plonjează într-un curent ascensional cald – o coloană de aer cald ce se ridică de la sol – pentru flotabilitate suplimentară.

*

Cei mai buni zburători sunt foarte mici, microscopici chiar, și merg oriunde îi duce vântul. Majoritatea organismelor vii sunt mici și au călătorit așa din timpuri imemoriale, indiferent dacă erau spori de la primele plante terestre purtate de o briză ordoviciană, viruși expulzați prin strănut din nările unui tiranozaur, bacterii desprinse de pe pielea

sa, păianjeni purtaţi pe fire plutitoare de mătase ori insecte mărunte – toate au fost şi sunt un mare, şi în mare măsură ignorat, plancton aerian ce pluteşte chiar de deasupra solului până la limita atmosferei. Un organism foarte mic, un spor sau un grăunte de polen nu are nevoie de adaptări speciale, precum aripile, pentru a se ridica în aer, având în vedere că poate fi transportat mulţi kilometri de cea mai uşoară pală de vânt.

Şi tocmai asta-i problema. Planctonul aerian este supus capriciilor vântului şi nu poate controla direcţia în care merge. Zburătoarele foarte mici, ce vor să dea o anumită direcţie vieţii lor, au nevoie de aripi. Însă pentru ceva minuscul cât un fir de praf, moleculele de aer par substanţial mai mari decât pentru ceva de mărimea unei albine, să zicem, sau a unei muşte. Pentru un fir de praf, aerul este vâscos, precum apa sau siropul, prin urmare zborul seamănă mai mult cu înotul. Aripile celor mai mici insecte înaripate seamănă mai mult cu nişte peri decât cu nişte pale şi funcţionează ca nişte vâsle, ajutându-le să se împingă cu ele prin aer.

Pentru o creatură suficient de mare încât atracţia gravitaţională să devină mai importantă decât mişcarea moleculelor de aer, primul stadiu al zborului este pur şi simplu un gen de cădere controlată, precum paraşutarea. Acei paraşutişti care reuşesc să călătorească în plan orizontal mai mult decât cad vertical sunt cunoscuţi sub numele de „planorişti" – totuşi, este un gen controlat de cădere.[22]

Animalele au descoperit acest mijloc de locomoţie în numeroase rânduri, de la aşa-numitul şarpe „zburător", care îşi întinde corpul pentru a crea un soi de aripă unică, şi broaştele „zburătoare" cu picioare enorme, ca o paraşută, şi până la numeroasele genuri de reptile planoare, asemănătoare cu o şopârlă, fie existente, fie cunoscute din arhiva fosilă, cu pielea întinsă de fiecare parte a corpului, ori pe coaste enorm de alungite, ori chiar pe oase aflate în piele. Ele au făcut asta încă din Permian. Multe mamifere mici sunt paraşutişti desăvârşiţi, de la veverița marsupială din Asia de Sud-Est până la o serie de veverițe „zburătoare", care se paraşutează sau planează folosind pliuri de piele întinse între picioarele din faţă şi cele din spate. Mamiferele au învăţat să planeze aproape imediat ce au evoluat. Unul dintre cele mai vechi grupuri de mamifere, haramiidele, zburau deja în Jurasic,[23] poate chiar înaintea celei mai vechi păsări cunoscute, *Archaeopteryx*.

S-ar putea să nu fie o coincidenţă faptul că toate aceste animale care planează trăiesc sau au trăit în copaci – şi că obiceiul paraşutării a evoluat adeseori în mod independent.[24] În cazul creaturilor cărora le place să se cațăre în copaci, selecţia naturală îi pedepseşte aspru pe cei

care cad. Orice animal care s-a adaptat pentru a minimiza cumva impactul selecției naturale, fapt care îi permite să mai apuce şi ziua de mâine, va avea selecția naturală de partea sa.[25]

Numai dinozaurii mai mici au avut posibilitatea să zboare deoarece, după cum am văzut, legile fizicii spun că, pe măsură ce cineva devine mai mare, cantitatea de energie necesară pentru a zbura creşte la rândul ei. Numai zburătoarele mici pot să bată din aripi. Cele mari pot doar să planeze.

*

Dinozaurii foloseau o combinație de metode pentru a se ridica în aer – fie alergând şi bătând din aripi, fie planând şi căzând. În orice caz, ei au ajuns în mod accidental să zboare. Aripile lor cu pene existau cu mult înainte ca zborul să fie o opțiune. Mulți dinozauri aveau de multă vreme smocuri de pene sau fulgi.

Însă dezvoltarea unui penaj complet i-a revenit unei specii de mici dinozauri carnivori. Deşi aceste creaturi se asemănau cu păsările în multe privințe – îşi pliau membrele aşa cum îşi pliază păsările aripile,[26] incubau ouă la fel ca păsările[27] şi aşa mai departe – unele dintre ele erau prea mari pentru a putea zbura.[28] Şi totuşi, multe aveau pene pe care le foloseau ca izolație termică, pentru etalare sexuală, drept camuflaj pentru a evita prădătorii sau ca o combinație a tuturor acestora şi poate şi a altora în plus.

Primele zboruri n-au fost decât scurte salturi şi ar fi putut începe fie de pe sol, fie dintr-un loc ceva mai înalt. Aripile primilor dinozauri care s-au avântat în aer au funcționat destul de bine pentru a-i ajuta să ajungă pe ramurile joase unde să doarmă noaptea. Fiind chiar mai mici, puii s-ar putea să fi ajuns ceva mai departe, folosindu-şi aripile țepoase pentru a urca pantele abrupte sau a se cățăra în copaci.[29] Şi odată ajunşi în copaci, ce urma? Chiar şi cu cele mai rudimentare aripi, un dinozaur, mai ales dacă era mic, sărea, folosindu-şi aripile pentru a încetini coborârea şi fluturându-le din când în când pentru a se ridica. *Archaeopteryx,* emblematica „primă pasăre", avea aripi cu un penaj complet, dar, spre deosebire de păsările moderne, nu avea sternul puternic, adaptat pentru a ancora muşchii de zbor. Prin urmare, e posibil ca *Archaeopteryx* să nu fi fost o zburătoare foarte abilă, dar putea să zboare pe distanțe scurte, între ramuri, sau pe ramurile joase de deasupra solului.

*

Archaeopteryx a trăit la sfârşitul Jurasicului şi a fost doar unul dintr-o mulţime foarte diversă de dinozauri care au experimentat zborul. Unii dintre primii dinozauri zburători au fost biplani, cu pene pentru zbor atât pe picioare, cât şi pe aripi. Cel mai celebru a fost micul dinozaur *Microraptor* din China, un membru al grupului de dinozauri numit dromaeozauri.[30] Dromaeozaurii erau veri apropiaţi ai *Archaeopteryx*, alături de un alt grup de bipede mici şi inteligente, troöndotidele; la fel ca păsările şi dromaeozaurii, troöndotidele au experimentat penele şi, probabil, într-o oarecare măsură şi zborul. Un troöndotid, *Anchiornis*, avea pene pe membrele anterioare şi pe picioare – precum *Microraptor* – şi a trăit în Jurasic,[31] înainte de apariţia lui *Archaeopteryx*.

Unul dintre cele mai ciudate experimente de zbor a fost făcut de un alt mic grup de dinozauri strâns înrudiţi cu dromaeozaurii, troöndotidele şi păsările. Aceste creaturi de mărimea unor vrăbii sau grauri au trăit aproape sigur în copaci. Deşi aveau pene – una dintre ele, *Epidexipteryx,* avea în coadă pene lungi, ca nişte panglici[32] –, aripile lor erau membrane de piele, ca ale liliecilor.[33] Aceste creaturi, scansoriopterygidele, au fost un experiment dinozaurian de scurtă durată a zborului de tip liliac apărut, probat timid şi dispărut înainte ca prima pasăre să fi ieşit măcar din ou sau ca primul liliac să fi fost înţărcat.

*

O altă caracteristică a evoluţiei zborului este obişnuinţa animalelor de a-şi pierde această abilitate.[34]

Păsările par să nu ezite să renunţe la zbor imediat ce se iveşte ocazia. În primul rând, nu toate păsările sunt foarte pricepute când e vorba să zboare. Cel puţin două ordine de păsări au renunţat complet la zbor cu mult timp în urmă. Unul dintre grupuri este cel al ratitelor, din care fac parte struţii, emu, cazuarii şi kiwi, şi rudele lor dispărute, păsările moa din Noua Zeelandă şi *Aepyornis* sau pasărea-elefant din Madagascar – care au încetat să existe la scurt timp după ce oamenii au ajuns acolo. Celălalt este al pinguinilor, care şi-au transformat aripile în înotătoare pentru a zbura sub apă. Ambele grupuri sunt extrem de vechi. Alte păsări au renunţat la aripi când, ajungând pe insule izolate, lipsite de prădători care trăiau pe uscat, au descoperit că puteau să se relaxeze – exemplele includ cormoranul nezburător din Insulele Galápagos, kakapo (un gen de papagal) din Noua Zeelandă şi dodo (un porumbel supradimensionat) din Mauritius.

Există însă câteva alte grupuri, neînrudite cu ratitele, toate dispărute cu milioane de ani înainte de apariţia fiinţelor umane. În Cretacicul

târziu, o pasăre primitivă numită *Ichthyornis*, ce arăta ca un pescăruş cu dinţi,[35] zbura de-a lungul ţărmurilor unei mări care tăia cândva în două America de Nord, de la nord la sud, în timp ce pterozauri, precum *Pteranodonul*, se ridicau la mare înălţime. Ea era însoţită de *Hesperornis*, o pasăre mare de peste un metru lungime, dar lipsită de aripi, şi care – la fel ca pinguinii – trăia probabil scufundându-se după peşti. O altă pasăre din Cretacic, *Patagopteryx*, de mărimea unei găini, care a trăit în Argentina cam în aceeaşi perioadă în care *Ichthyornis* şi *Hesperornis* pluteau pe deasupra plajelor din străvechea Nebraska, pare de asemenea să fi renunţat la zbor. Un grup de dinozauri cunoscuţi sub numele de alvarezsauride este alcătuit dintr-un grup de creaturi foarte mici, cu pene şi cu picioare lungi, dar cu aripi reduse la mici cioturi, fiecare prevăzut cu o gheară mare. Când au fost descrise pentru prima dată de oamenii de ştiinţă, şi ele au fost considerate păsări nezburătoare.[36]

Zborul este un obicei costisitor. Chiar dacă toate condiţiile necesare zborului au existat în planul de bază al dinozaurilor aproape încă de la început, zborul a fost şi continuă să fie extrem de solicitant, aşa că nu este surprinzător că multe zburătoare au renunţat la el când s-a ivit ocazia. Membrii mai mici şi mai apţi de zbor ai dromaeozaurilor şi troödontidelor au avut tendinţa de a fi exemple timpurii ale familiilor lor: descendenţii lor au fost mai mari şi mai legaţi de sol. Dromaeosauridele şi troödontidele ulterioare au fost dragonii care au căzut pe pământ.

Păsările au devenit nezburătoare chiar înainte de a deveni păsări.

*

Nu foarte multe au continuat să accepte provocarea. Cerurile Cretacicului s-au umplut rapid de piuiturile, ţipetele şi trilurile nenumăratelor păsări. Multe aparţineau enantiornithinelor, un grup de păsări foarte asemănătoare cu cele moderne, atât doar că îşi păstraseră dinţii şi ghearele pe aripi. Însă păsări cu aspect modern începuseră să apară cu mult înainte de sfârşitul Cretacicului. De exemplu, pasărea de ţărm *Asteriornis*, din Cretacicul târziu, era un văr al grupului de păsări ce aveau să se transforme în cele din urmă în raţe, gâşte şi găini.[37]

*

Pământul continua să se transforme. Până la sfârşitul Cretacicului, Pangeea se separase, creând masele continentale pe care le cunoaştem, mai mult sau mai puţin, astăzi. Asta a dus la evoluţia unor tipuri

distincte de dinozauri în locuri diferite. Un grup de terapode numite abelizauri a fost descoperit în principiu doar în continentele sudice, pe când *ceratopsienii*, precum *Triceratops*, s-au găsit aproape întotdeauna în vestul Americii de Nord şi în Asia de Est – regiuni unite unele cu altele, dar separate de alte mase continentale.[38]

Izolarea dinozaurilor pe insule a creat menajerii ciudate de tip Alice în Ţara Minunilor. În Jurasic, de exemplu, Europa era un arhipelag de insule tropicale, asemănător cu Indonezia de astăzi, cu propria faună unică de sauropode miniaturale, precum *Europasaurus*, fiecare exemplar nefiind mai lung de şase metri.[39] Ca şi acum, Madagascarul era un paradis al animalelor exotice. În Cretacic, multe nişe ecologice, până şi vegetarianismul, au fost ocupate de crocodili.[40]

*

De asemenea, în Cretacic asistăm la apariţia plantelor cu flori.[41] Plantele cu flori au început să se dezvolte pas cu pas şi, la fel ca tetrapodele, aproape de apă, îmbrăcând malurile râurilor cu flori de nufăr albe, cerate, care ieşeau puternic în evidenţă pe fondul verde al coniferelor.

Plantele îşi protejaseră de multă vreme embrionii în interiorul seminţelor, însă plantele cu flori au adăugat alte staturi de protecţie. Ca la toate plantele, o celulă mascul fertiliza o celulă femelă pentru a crea un embrion. Doar că plantele cu flori au mai adăugat două celule femelă care, ambele fertilizate de o altă spermă, într-un *ménage à trois*, au creat un ţesut numit endosperm – ţesut din care se putea hrăni noul embrion. Întreaga structură a fost închisă într-un strat protector suplimentar, care a devenit fructul. Înainte de fruct, exista floarea – colorată şi parfumată pentru a atrage polenizatori. La rândul său, fructul putea fi colorat şi parfumat pentru a atrage animale care să-l mănânce şi apoi să împrăştie în jur seminţele prin fecalele lor.

Plantele simple de uscat, precum muşchii, atrăseseră animalele pentru a ajuta la fecundarea lor timp de milioane de ani,[42] probabil încă de la prima colonizare a uscatului. Astfel de eforturi au fost crepusculare şi ascunse, incomparabile cu spectacolul primelor generaţii de plante cu flori, care a fost însoţit de o evoluţie explozivă a polenizatorilor, precum furnicile, albinele, viespile şi gândacii – creaturi ce domină astăzi Pământul ca număr de specii. Relaţia dintre plantele cu flori şi polenizatorii lor este subtilă, multilaterală şi complexă – şi a apărut abia atunci când epoca dinozaurilor atinsese apogeul.

*

Lumea dinozaurilor părea că nu se va sfârşi niciodată. Într-adevăr, ea ar fi putut să continue la nesfârşit, în ciuda erupţiei unei coloane de magmă în India la sfârşitul Cretacicului. În afară de asta, Jurasicul şi Cretacicul au fost perioade în care Pământul părea că este adâncit în somn. În schimb, criza care a pus capăt Cretacicului a fost rapidă, brutală – şi a venit din cer.

Nu trebuie decât să ne uităm la suprafaţa Lunii pentru a vedea că ea poartă semnele unor coliziuni. Majoritatea suprafeţelor solide din sistemul solar sunt pline de cratere, de la microscopice la gigantice. Până şi cel mai mic asteroid este presărat, crater peste crater, cu urmele impactului unor proiectile şi mai mici. Doar acele corpuri care îşi remodelează constant suprafeţele reuşesc să şteargă aceste dovezi..[43]

Pământul a fost şi el lovit de multe ori de corpuri din spaţiu, dar sunt rare cazurile în care craterele rămân. Acele câteva corpuri de impact care nu ard în atmosfera densă lasă puţine urme, întrucât acestea sunt repede şterse de vânt, vreme, apă şi, bineînţeles, de acţiunea vieţuitoarelor. Viermii sapă prin pereţii craterelor, subminându-i. Rădăcinile îi fisurează, transformându-i în praf. Mările umplu craterele, sedimentele le îngroapă, până când nu mai rămâne nicio urmă.

Dar unul este de ajuns. Impactul cu un asteroid în urmă cu vreo 66 de milioane de ani a pus brusc capăt lumii dinozaurilor.

Ca toate poveştile de succes, impactul a fost îndelung pregătit. Dinozaurii fuseseră avertizaţi cu mult înainte. Acum aproximativ 160 de milioane de ani, în Jurasicul târziu, o coliziune în îndepărtata centură de asteroizi a produs un asteroid cu diametrul de 40 de kilometri, cunoscut astăzi sub numele de Baptistina, şi un depozit de peste 1000 de fragmente cu o mărime de peste un kilometru, unele chiar mult mai mari. Aceşti vestitori ai morţii s-au împrăştiat în sistemul solar intern.[44]

Aproximativ 100 de milioane de ani mai târziu, unul dintre ei a lovit Pământul. Venind în picaj dinspre nord-est,[45] corpul, care s-ar putea să fi avut un diametru de 50 de kilometri, a lovit coasta actualei peninsule Yucatan din Mexic cu o viteză de 20 de kilometri pe secundă, penetrând şi topind scoarţa. O explozie orbitoare, urmată de o rafală de 1 000 de kilometri pe oră ce producea un zgomot inimaginabil, a distrus orice urmă de viaţă în regiunea Caraibilor şi o mare parte din America de Nord, după care întreaga lume a fost asaltată de bombe incendiare purtate de un vânt fierbinte ca un furnal, care a transformat copacii în torţe. Apa din Golful Mexic s-a retras mult în larg înainte ca un tsunami

înalt de 50 de metri să lovească ţărmul, pătrunzând mai bine de 100 de kilometri pe continent.

Impactorul a străpuns sedimentele bogate în anhidrit, vestigii ale unui străvechi fund de mare. Anhidritul este un sulfat de calciu. Coliziunea l-a transformat instantaneu în bioxid de sulf gazos care, în stratosferă, a creat nori. Aceştia – şi praful – au acoperit Soarele, aruncând lumea într-o iarnă ce a durat ani întregi. Când Soarele a reapărut strălucitor, bioxidul de sulf căzuse pe pământ sub forma unei ploi acide care a distrus plantele rămase şi a dizolvat toate recifele.

Între timp, toţi dinozaurii nezburători dispăruseră. Ultimii pterozauri fuseseră şterşi de pe faţa pământului. În mări, magnificii plesiozauri – urmaşii nothozaurilor din Triasic – au pierit şi, odată cu ei şi mosazaurii, înfricoşătoarele şopârle monitor oceanice.[46] Minunaţii amoniţi, rudele cu cochilie ale calamarilor şi caracatiţelor, ce străbăteau mările în cochilii răsucite, unele mari cât o roată de camion, au fost eliminaţi, punând capăt unei genealogii care începuse în Cambrian.

Craterul care a rezultat avea 160 de kilometri în diametru.

Dar, încă o dată, viaţa şi-a revenit. Deşi evenimentul a cauzat extincţia a trei sferturi dintre specii, viaţa s-a întors curând la punctul zero. În 33 000 de ani, situl submarin era deja locuit de plancton,[47] al cărui schelet calcaros, căzând pe fundul mării, a îngropat resturile craterului de impact.

Moştenitorii au fost acei descendenţi îndepărtaţi ai terapsidelor, care, la fel ca dinozaurii, dezvoltaseră un metabolism rapid, dar l-au folosit într-un mod complet diferit – mamiferele. După ce stătuseră în umbră începând din Triasic, ele au ieşit, în final, la lumină.

8

Acele mamifere magnifice

Cândva, în perioada devoniană, în interiorul unui peşte blindat, în partea din spate a capului, au existat două oase, unul de fiecare parte. Peştele le ignora. În definitiv, era ocupat să arunce cu nisip în ochii lipsiți de expresie ai unui gigantic scorpion-de-mare care îl urmărea.

Cu toate acestea, oasele au continuat să-şi îndeplinească rolul. Ele erau o pereche de proptele ce susțineau creierul, în cutia sa de cartilagiu moale, lângă armura osoasă din exterior, chiar deasupra primei perechi de fante branhiale.

Fălcile au apărut când două alte proptele – axele de cartilagiu ce separau gura de primele fante branhiale – s-au pliat la mijloc, cu articulațiile îndreptate spre înapoi. Aceste articulații maxilare au comprimat prima pereche de fante branhiale, reducându-le la o pereche de mici orificii – spiraculele, câte unul de fiecare parte, imediat deasupra articulației maxilare. Proptelele din jurul creierului au ajuns să îndeplinească o sarcină triplă. Continuau să joace rolul unor grinzi de structură, ca înainte. În acelaşi timp însă, la un capăt ancorau muşchii ce deschideau şi închideau spiraculele, iar la celălalt, erau strâns alăturate orificiilor pereche din cutia craniană care duceau la urechea internă, una pe fiecare parte.

Urechea internă era o structură mică, fragilă, fără de care peştele s-ar fi rătăcit, ar fi fost dezorientat, fără să ştie încotro să se îndrepte. Ea era alcătuită din labirinturi de tuburi pline cu fluid, fiecare o imagine în oglindă a celeilalte. Mişcarea fluidului agita globuri de materie bogată în minerale, asemănătoare cu chitul, ataşată de perişori, care erau ataşați la celălalt capăt de celule nervoase. Mişcarea din mediu ducea la o mişcare a fluidului, care agita globurile de materie, care trăgeau de perişori, care trimiteau impulsuri nervoase către creier – şi, instantaneu, peştele ştia unde se afla: îndepărtându-se repede prin apă de un scorpion-de-mare vorace care pocnea din cleşti la mică distanță în spatele lui.

*

Acelaşi sistem de canale era sensibil la vibrații în apă: din nou, printr-un sistem de celule ciliate microscopice asemănătoare cu coardele

unei harpe. Vibrația ciupea coardele, fiecare acordată la propria notă, iar peştele auzea zgomotul amenințător al urmăritorului său. Iar omniprezenta şi sârguincioasa pereche de brațe de susținere, unul de fiecare parte, conducea acele vibrații venite din exterior până în urechea internă.

La primele tetrapode, precum *Acanthostega*, aceste brațe de susținere – numite hiomandibulare – erau nişte grinzi solide. Ele nu conduceau la fel de bine sunetul, mai ales unul cu o frecvență mai înaltă decât cea unui vuiet înfundat, ca un tunet îndepărtat.[1]

Când tetrapodele au ajuns în cele din urmă pe uscat, s-au trezit într-un mediu acustic cu totul diferit – în aer liber. Cartilajele ce formau arcurile branhiale au devenit suporturi pentru limbă şi laringe. Numai hiomandibularele au rămas pe loc, dar acum s-au specializat în detectarea sunetului. Spiraculele au fost învelite de membrane subțiri, timpanele. Hiomandibularele conduceau vibrațiile de la timpane direct la urechea internă. Datorită acestui nou rol, osul hiomandibular a căpătat un nume mai impresionant: *columella auris* – micuța coloană de aur. Dar e cunoscut, de asemenea, sub numele mai puțin grandios de scăriță sau osul etrier. Scărița se află între timpan şi urechea internă. Imperiul său miniatural a fost urechea medie.[2]

*

Când sunetele se lovesc de timpan, vibrațiile sunt transmise prin scăriță spre urechea internă. Aşa aud şi astăzi amfibienii, reptilele şi păsările. Cu timpul, scărița a devenit extrem de subțire şi capabilă să detecteze şoaptele. Chiar şi aşa, îşi avea limitele ei. Aerul este plin de ciripelile, croncăniturile şi bolboroselile păsărilor – păsările produc unul dintre cele mai puternice zgomote din natură.[3] Cu toate acestea, ele sunt în general insensibile la sunete cu o frecvență mai înaltă de 10 000 de cicluri pe secundă sau 10 kilohertzi (kHz).[4]

Pe de altă parte, mamiferele aud în mod diferit. În loc să aibă doar un singur os în urechea medie – scărița –, au trei. Scărița se conectează cu urechea internă şi, prin urmare, cu creierul, la fel ca înainte, însă celelalte două oase s-au înghesuit între timpan şi scăriță. Acestea sunt malleus („ciocănelul”), care este ataşat de interiorul timpanului, şi incus („nicovala”), care leagă malleus de scăriță.[5]

Efectul asupra capacității auditive a mamiferelor a fost dramatic. Lanțul de trei oase acționează pentru a amplifica sunetul. De asemenea, el creşte sensibilitatea urechilor la frecvențe mai înalte. Cel puțin în copilărie, putem auzi note înalte de 20 de kHz, mult mai înalte decât cel

mai înalt cântec al ciocârliei.[6] Dar avem urechile înfundate în comparație cu multe alte mamifere, precum câinii (45 kHz[7]), lemurienii cu coadă inelată (58 kHz[8]), șoarecii (70 kHz[9]) și pisicile (85 kHz[10]), și suntem complet surzi în comparație cu delfinii (160 kHz[11]). Evoluția lanțului de trei oase din urechea medie a mamiferelor le-a deschis acestora un întreg univers senzorial nou, inaccesibil altor vertebrate.

A fost ca și cum dăduseră peste o mică breșă în gardul înalt ce înconjura pădurile dese cu care fuseseră obișnuite, descoperind câmpii deschise, mai vaste decât își imaginaseră vreodată.

*

Cum au apărut malleus și incus?

Când fălcile au început să evolueze, la peștii care fugeau din calea altor locuitori ai adâncurilor pentru a-și salva viața, articulația maxilarului s-a oprit chiar sub spiracul, rămășița de fantă branhială care, la tetrapode, avea să devină timpanul. A fost, așadar, una dintre acele bizarerii ale timpului și hazardului faptul că articulația temporo-mandibulară s-a întâmplat să se afle mai degrabă aproape de ureche și nu în altă parte.

Articulația maxilarului și timpanul sunt, totuși, mai mult decât simpli vecini – au relații strânse unul cu celălalt. Această intimitate avea să fie un element-cheie pentru succesul final al mamiferelor.

Când a apărut, maxilarul inferior era o tijă cartilaginoasă, o jumătate a primei fante branhiale care se pliase în două pentru a forma fălcile. Jumătatea de sus a devenit maxilarul superior, iar jumătatea de jos, maxilarul inferior. Cu timpul, acest cartilaj s-a transformat în os: totuși, o rămășiță, cartilajul Meckel, există în continuare, cel puțin în primă fază, sub forma unei fâșii subțiri de țesut pe suprafața internă a maxilarului inferior, pentru ca mai apoi să dispară.

*

Mandibula unei reptile sau a unui dinozaur e o chestie complicată. Este alcătuită nu dintr-un singur os, ci din mai multe, fiecare cu misiunea lui. Dentarul este osul din față pe care, după cum spune și numele, se află dinții. Articularul, în schimb, este aproape de partea din spate și formează articulația temporo-mandibulară împreună cu un os de la baza craniului, numit osul pătrat. Aceeași configurație se întâlnea și la terapside, strămoșii mamiferelor.

Pe măsură ce terapsidele au evoluat în mamifere, devenind tot mai mici, de la animale de mărimea unor câini mari la câini mici, la pisici, la nevăstuici, la şoareci şi chiar la şi mai micii chiţcani, maxilarul s-a schimbat şi el. Dentarul a început să-şi asume un rol mai important în cadrul maxilarului ca întreg. Asemenea puiului de cuc neobişnuit de mare care îşi aruncă din cuib fraţii vitregi nedoriţi, dentarul a împins înapoi astfel încât celelalte oase ale maxilarului au fost fie complet absorbite de el, fie s-au restrâns într-o mică enclavă în partea din spate, lângă scăriţă. De fapt, dentarul s-a deplasat atât de mult în spate încât a format propria-i articulaţie, complet separată, cu craniul, folosind un os cranian diferit, osul scuamos.

Asta a dus la degrevarea osului pătrat de sarcina sa ca articulaţie temporo-mandibulară. În schimb, fiind apropiat de scăriţă, el fost recrutat ca os al urechii şi a devenit nicovala (incus). A urmat osul articular, care a devenit ciocănelul (malleus).[12]

*

La unii dintre înaintaşii mamiferelor, articulaţia maxilarului a fost o combinaţie nefirească de dentar cu osul scuamos, şi de os pătrat cu articular. Întrucât osul pătrat şi articularul au evoluat în incus şi malleus, ele au trebuit să îndeplinească două funcţii complet separate. Una a însemnat că au trebuit să formeze o parte a suspensiei maxilarului, care necesită robusteţe. Pentru cealaltă, au trebuit să transmită sunetul, ceea ce presupune sensibilitate. La fel ca în urmă cu multe milioane de ani, în cazul scăriţei la peşti, strămoşii tetrapodelor, acesta a fost un compromis care nu avea cum să reziste.

În sfârşit, osul pătrat şi articularul au fost lăsate să plutească liber în urechea medie – iniţial, ataşate de maxilar printr-o fâşie a cartilajului Meckel care se retrăgea, până când a dispărut şi acesta. Odată cu evoluţia urechii lor medii, mamiferele s-au trezit cu o sensibilitate acută la lumea sunetelor pe care niciun tetrapod nu o experimentase vreodată.

Urechea medie a mamiferelor a evoluat ca o consecinţă directă a tendinţei de miniaturizare[13] – şi a evoluat nu doar o dată, ci de cel puţin trei ori, în mod independent: la strămoşii animalelor care aveau să devină ornitorincul şi echidna care depun ouă din Australasia; la strămoşii mamiferelor marsupiale şi placentare care împreună reprezintă peste 99 % dintre speciile de mamifere existente astăzi; şi, din nou, la multituberculate, un grup de mamifere care arătau mai degrabă ca nişte rozătoare şi au trăit din Jurasic până în Eocen, când au dispărut.

*

Lungul drum de la terapside la mamifere a început în Triasicul timpuriu cu cinodonți, precum *Thrinaxodon*. Am putea spune că aducea cu un terier Jack Russell. Cu toate acestea, lăsând la o parte coada sa scurtă, butucănoasă şi mersul legănat, el semăna uimitor de mult cu un mamifer. Avea mustăți şi blană.[14] Săpa găuri şi vizuini.

Diferențele erau şi mai pronunțate în structura sa interioară. Chiar şi în acest stadiu incipient, dentarul domina maxilarul inferior, în ciuda faptului că urechea medie era alcătuită doar din scăriță.

La reptile, dinții sunt simple puncte şi sunt înlocuiți de fiecare dată când cade vreunul. Pelicozaurii dovediseră o înclinație pentru a varia formele şi mărimile dinților, creând un întreg set de tacâmuri, fiecare ustensilă fiind specializată pentru o sarcină diferită. Această tendință a continuat cu terapsidele, descendenții lor.

Să ne gândim la gorgonopsieni, cu caninii lor supradimensionați, şi la dicinodonți, prada lor, care combinau eficient caninii cu un cioc cornos. Şi cinodonții aveau canini – numele lor înseamnă „dinte de câine" – doar că ei au continuat tendința de diferențiere în celelalte tipuri de dinți. Mamiferele au patru tipuri de dinți: tăietori (incisivii), străpungători (caninii), sfâşietori (premolarii) şi, în spate, zdrobitori (molarii). *Thrinaxodonul* avea tăietori şi străpungători, însă dinții care urmau după canini nu erau clar diferențiați.

În loc să fie distribuite de-a lungul întregii coloane vertebrale, ca la reptile, coastele *Thrinaxodonului* erau concentrate către torace – ceea ce am numi astăzi cutia toracică. Aceasta este o caracteristică unică a mamiferelor. Ea indică faptul că *Thrinaxodonul* avea diafragmă, un strat de muşchi ce separă toracele de viscere şi care ar fi permis un proces de respirație mult mai puternic şi mai regulat.[15]

O altă adaptare pentru respirație s-a produs în interiorul nasului. Spre deosebire de reptile, la care nările interne se deschid în bolta cavității bucale, aproape de partea din față, *Thrinaxodonul* dezvoltase o cavitate nazală lungă, aproape complet separată de cavitatea bucală, cu care se întâlnea doar în spate, astfel că aerul putea să ajungă nestingherit la gât şi să evite toată masticația pe parcurs. Asta însemna că animalul putea să-şi mestece hrana fără a fi nevoit să se oprească pentru a respira. Cavitatea nazală extinsă s-a umplut cu un labirint de volute osoase care susțineau o suprafață mare a membranei mucoase – necesitând un simț ascuțit al mirosului şi capacitatea de a încălzi aerul inspirat în timp ce înfuleca un biet animăluț chiar mai mic decât el.

Avem astfel imaginea unui animal activ, cu un metabolism rapid: comparabil cu cel al dinozaurilor, dar dobândit în mod diferit. În loc să aibă o reţea de saci de aer extinsă în tot corpul, diafragma pompa aer înăuntru şi în afară. Asemenea dinozaurilor mai mici, *Thrinaxodonul* şi alţi cinodonţi îşi conservau căldura cu un înveliş de blană. Întrucât un metabolism rapid are nevoie de mult combustibil, mâncatul a devenit mai eficient. În loc să înghită hrana întreagă şi s-o digere în tihnă sau, aşa cum fac păsările şi dinozaurii, să o macine cu pietre într-o guşă sau pipotă, *Thrinaxodonul* folosea o divizie de dinţi diferiţi pentru a-şi tranşa şi mărunţi prada în timp ce aceasta se afla încă în gură, valorificându-şi capacitatea de a respira în timp ce mesteca.

*

Trecerea de la cinodonţi la primele mamifere a fost o poveste continuă care a implicat câteva linii diferite şi variate de terapside. Până în Triasicul târziu, apăruseră animale care nu se distingeau de mamifere în toate privinţele importante. Şi erau mici: *Kuehneotherium* şi *Morganucodon* nu erau mai mari decât chiţcanii din zilele noastre, având probabil cel mult 10 centimetri lungime. Aveau urechi medii complet formate,[16] iar dinţii evoluaseră şi ei în incisivi, canini, premolari şi molari zdrobitori.

Molarii erau speciali prin aceea că, în loc să aibă toţi cuspizii ascuţiţi aliniaţi, ca dinţii de rechin, cuspizii tindeau să fie decalaţi pentru a crea o suprafaţă de mestecare bidimensională, cuspizi şi fose din molarii inferiori suprapunându-se cu cei din maxilarul superior. Acest lucru făcea posibilă procesarea mai eficientă a hranei, o armă în plus pentru creaturile mici, cu metabolism foarte rapid, care, doar pentru a rămâne în viaţă, trebuiau să mănânce zilnic o cantitate de insecte egală cu o mare parte din greutatea lor. Totuşi, chiar şi în acea fază timpurie, fiecare mamifer avea propria specialitate alimentară. În timp ce *Morganucodon*-ul putea să se descurce cu o pradă tare şi crocantă, precum gândacii, gusturile *Kuehneotherium*-ului mergeau către chestii mai moi, cum ar fi moliile.[17]

*

Metabolismul rapid, stimulat de masticaţia şi respiraţia eficiente, având, parţial, drept rezultat un simţ îmbunătăţit al mirosului; tendinţa aparent nestrămutată de reducere a dimensiunilor corporale, care, la rândul său, a impulsionat evoluţia auzului acut al frecvenţelor înalte; şi

obiceiul de a se ascunde în vizuini. Toate acestea se referă la mamifere care au evoluat într-un habitat ce le fusese inaccesibil aproape tuturor celorlalte vertebrate – noaptea.

În Triasic, Pangeea era din multe puncte de vedere un loc ostil. Departe de ţărmurile bântuite de furtuni ale Oceanului Tethys, o mare parte a uscatului era un deşert în care, pe timpul zilei, solul era prea fierbinte pentru a putea fi atins. *Kuehneotherium* şi *Morganucodon* trăiau într-un asemenea deşert, aflat la o latitudine cuprinsă între 20 şi 30 de grade nord de Ecuator. În acest mediu, cea mai bună strategie este să te îngropi într-o vizuină adâncă, ferită de arşiţa zilei, şi să ieşi la vânătoare noaptea sau foarte devreme în zori. Pentru asta, este esenţial un metabolism foarte rapid. În cursa pentru insectele cele mai suculente, reptilele care se bazează pe căldura soarelui ca să se încălzească vor fi depăşite de mamiferele care sunt deja calde. Mai mult, în astfel de situaţii, insectele vor fi amorţite de căldură, devenind o pradă mai uşoară.

Pentru animalele care îşi petrec zilele în vizuini întunecoase şi ies doar noaptea pentru a vâna la lumina stelelor, vederea e mai puţin importantă decât auzul, pipăitul şi mirosul – simţuri care la terapside se îmbunătăţiseră lent, încă de pe vremea *Thrinaxodon*-ului. Ele s-au perfecţionat la mamifere. În Triasic, ziua, pe sol era petrecerea reptilelor. Noaptea însă le aparţinea mamiferelor. Ea avea să fie terenul lor de joacă pentru următorii 150 de milioane de ani.

*

Orice dinozaur care a trăit vreodată a ieşit dintr-un ou. Lucru cândva valabil şi pentru mamifere. Era un obicei bun fiindcă, după cum am văzut, ouăle permit producerea extrem de rapidă a unui număr mare de pui cu o investiţie parentală destul de mică. *Kayentatherium*, un terapsid foarte asemănător cu mamiferele, care a trăit în Jurasic – şi, prin urmare, unul dintre ultimele terapside care nu era un mamifer acoperit complet cu blană – ecloza zeci de pui, fiecare arătând ca un adult în miniatură, gata să-şi croiască propriul drum în lume.[18]

Însă se anunţa o schimbare. Una legată de creier. Mamiferele timpurii aveau creiere din ce în ce mai mari. Puii abia ieşiţi din ou au început să arate aşa cum ne imaginăm că arată puii de animale – relativ nedezvoltaţi, cu capete mari în raport cu corpurile, în care se aflau creiere ce se dezvoltau cu rapiditate. Ţesutul cerebral este foarte costisitor de produs şi de menţinut şi pune o presiune enormă pe animalele mici care deja aleargă cât pot de repede doar pentru a rămâne

în viaţă. Prin urmare, în loc să depună o mulţime de ouă, mamiferele au avut cuibare mai mici şi au dedicat mai mult timp îngrijirii fiecărui nou-născut. Femelele au început să secrete din glandele sudoripare modificate o substanţă grasă şi bogată în proteine, asigurându-se că hrana puilor era plină de toţi nutrienţii de care aveau nevoie pentru a creşte rapid. Noi numim această substanţă „lapte". Istoric şi etimologic, prezenţa organelor producătoare de lapte sau *mammae* este cea care face ca un mamifer să fie ceea ce este.

*

Viaţa unui mamifer era tensionată. Când au apărut dinozaurii, în Triasicul târziu, mamiferele deja îşi perfecţionau arta de a avea dimensiuni reduse şi de a trăi o viaţă scurtă, foarte intensă şi activă. Dar efortul de a produce energie s-ar fi diminuat dacă ar fi putut reveni la o dimensiune normală, mai ales acum, când aveau de susţinut creiere mari.

Problema era că în momentul în care mamiferele au fost capabile să depăşească rolul de mici insectivore şi necrofage nocturne, dinozaurii evoluaseră, ocupând toate nişele ecologice disponibile. Pe de altă parte, pentru un dinozaur mic, inteligent şi activ, mamiferele reprezentau mai mult decât simpla concurenţă – ele erau pradă.

*

Asta nu înseamnă că mamiferele n-au făcut câteva încercări de a scăpa. Animalele care trăiesc într-un ritm rapid evoluează rapid. Pe vremea dinozaurilor, au evoluat cel puţin 25 de grupe diferite de mamifere.

Ele au fost o gaşcă aventuroasă şi n-au putut fi supuse. Deşi sub domnia dinozaurilor, mamiferele nu au fost niciodată foarte mari, unele au ajuns de mărimea oposumilor, ba chiar a bursucilor – suficient de mari pentru a fura ouă şi pui de dinozaur[19] şi poate chiar determinându-i pe unii dintre dinozaurii mai mici, cu pene, să rămână în copaci.

Dacă au făcut-o, ar fi împărţit habitatul nu doar cu unul, ci cu cel puţin două genuri complet separate de mamifere care au evoluat în ceva asemănător cu o veveriţă zburătoare.[20] Nici mediul acvatic nu era sigur: *Castorocauda*, un animal care cântărea 800 de grame, avea o coadă turtită ca de castor, blană şi dinţi ascuţiţi, perfecţi pentru a se scufunda după peşte în iazurile Jurasicului.[21] Madagascarul, dintotdeauna un

paradis al ciudăţeniilor, găzduia *Vintana* şi *Adalatherium*, creaturi ce aduceau cu iepurii şi care, cu ochi mari şi un simţ ascuţit al mirosului, ar fi fost atenţi la cea mai mică mişcare a unui dinozaur prădător.[22]

*

Când au dispărut dinozaurii, din toate aceste linii evolutive, cât erau ele de vivace, mai rămăseseră doar patru. Supravieţuitorii au fost monotremele care depuneau ouă, marsupialele, mamiferele placentare şi multituberculatele. Fiecare îşi avea originile într-un model evolutiv care era deja adânc înrădăcinat.

Monotremele sunt mamifere în sensul că îşi alăptează puii, chiar dacă aceştia ies din ouă. Acest grup, reprezentat astăzi de ornitorinc şi de echidna din Australasia, este rămăşiţa ultimă şi particulară a unei linii foarte vechi de mamifere care a urmat un drum propriu în perioada Jurasicului şi a fost descoperită pe toate continentele sudice.[23]

Majoritatea celorlalte mamifere – mamiferele placentare – au renunţat complet la obiceiul de a depune ouă, hrănind un număr mai mic de pui în propriul lor corp. Embrionii mamiferelor au aceleaşi membrane ca şi oul amniotic – doar fără coajă. Într-un gest suprem de devotament altruist, mama însăşi şi-a asumat acest rol protector. La fel ca descendenţa monotremelor, şi cea a mamiferelor placentare poate fi trasată cu mult timp în urmă, în acest caz până la nişte mici creaturi cătărătoare în copaci, care vânau insecte printre ramurile pădurilor din Jurasic.[24]

Marsupialele însă au ajuns la un compromis inteligent între depunerea de ouă de tip aşază-şi-uită a monotremelor şi hrănirea în întregime internă a mamiferelor placentare. Deşi marsupialele îşi cresc puii în propriile corpuri, la naştere puiul este doar puţin mai mare decât un embrion. Odată ieşit în lumea exterioară, minuscula creatură se târăşte prin pădurea de blană a mamei până ajunge într-o pungă şi se prinde de un mamelon. Acolo, sugând în siguranţă, se dezvoltă până ajunge la termen. Această strategie reprezintă o adaptare la mediile aspre, sărăcăcioase, unde hrana este greu de găsit. Dacă se confruntă cu probleme mari, un marsupial gestant poate să dea afară fătul şi să aibă alţii mai târziu, dacă şi când situaţia o permite.

În arhiva fosilă[25], marsupialele sunt la fel de vechi ca placentarele şi au o istorie lungă şi strălucită. S-au descurcat deosebit de bine atunci când au fost limitate la continente insulare, unde au căpătat o varietate remarcabilă de forme. În cea mai mare parte a erei cenozoice, fieful lor a fost America de Sud, pe care au împărţit-o cu foarte ciudatele (şi

placentarele) edentate – leneşi, furnicari, tatu şi compania, dar care era dominată de animale precum *Thylacosmilus,* o versiune marsupială a tigrului cu dinţi-sabie, şi însoţitorii săi, borhienidele, ce variau ca mărime şi comportament de la lupi până la urşi. Când America de Sud s-a ciocnit cu America de Nord, o invazie a animalelor placentare din nord le-a spulberat.

Totuşi, câteva mamifere sud-americane au ripostat printr-o serie de contrainvazii conduse de leneşi şi tatu uriaşi, cu o avangardă de oposumi ce continuă să dea iama prin tomberoanele americane până în ziua de azi. Majoritatea marsupialelor trăiesc astăzi în Australia, unde modul lor unic de reproducere se potriveşte interiorului uscat al acelui continent din ce în mai arid.

Aşadar, în momentul în care dinozaurii au dispărut în cele din urmă, mamiferele erau pregătite, cizelate de un milion de ani de evoluţie. Ele au explodat precum o şampanie îndelung maturată, scuturată înainte şi destupată neîndemânatic.

*

Le aşteptau însă prădătorii de top ai lumii post-apocaliptice imediate – care erau nişte păsări, phorusrhacidele. Rude imense, nezburătoare ale berzelor şi cârsteilor, cu cranii de mărimea unui cap de cal, ele decapitau toate mamifere suficient de nesăbuite să-şi părăsească vizuinile. Era ca şi cum se întorsese *Tyrannosaurus rex*.

Până şi aceste grozăvii au dispărut în praful de pe câmpiile Paleocenului, iar mamiferele – mai ales mamiferele placentare – au proliferat ca mărime şi formă. Primele valuri au părut totuşi ezitante şi imature, ca şi cum erau indecise în privinţa scopului lor. Animale precum pantodonţii şi dinoceratele, arctocionidele şi mesonichianii, toate dispărute de multă vreme, îmbinau caracteristici ale carnivorelor şi erbivorelor. Pantodonţii şi dinoceratele erau erbivore şi au fost printre primele care au ajuns la dimensiuni mari. Unii pantodonţi erau de mărimea rinocerilor, iar unele dinocerate de mărimea elefanţilor. Deşi evident ebivore, aveau nişte canini înfricoşători.[26] Arctocionidele combinau caninii urşilor cu copitele cerbilor.

La fel de ambigui erau mesonichianii. Giganticele păsări ale terorii (phorusrhacidele) şi-au găsit un oponent pe măsură în mesonichianul *Andrewsarchus*, un animal terifiant, înalt la greabăn cât un stat de om, cu un cap mare cât al ursului brun de Alaska şi care ar fi putut trage un craniu de lup pe o singură nară. Şi mai avea şi copite. *Andrewsarchus* arăta ca un porc uriaş şi era foarte furios.[27]

*

În pofida asteroidului, la sfârşitul Cretacicului, Pământul era un loc cald şi înmiresmat; iar căldura nu s-a oprit. Dar pe măsură ce Paleocenul se termina şi devenea Eocen, căldura stabilă s-a transformat în arşiţă. Câmpiile şi zonele împădurite s-au preschimbat în jungle. Primul val de mamifere timpurii şi ambigue a fost înlocuit treptat de altele care aveau scopuri mai clare în viaţă. Şi-au făcut apariţia copitatele – mamiferele cu copite –, dar pe atunci, în Eocen, erau mici şi aduceau mai mult cu veverițele, alergând cât le țineau picioarele printre copacii înalți, probabil pentru a evita prădători ca *Titanoboa*, un şarpe de mărimea unui autobuz.[28]

*

Unele dintre primele mamifere paricopitate s-au îndreptat în cea mai neobişnuită direcţie imaginabilă – s-au întors în apă şi au devenit balene. Mai mult decât atât, au făcut asta cu entuziasm şi, din punct de vedere evolutiv, în mare grabă.

Primele indicii ale transformării în balenă – la *Pakicetus*, asemănător cu un lup alergător, prădător şi la *Ichthyolestes,* de mărimea unei vulpi – au fost maxilarele mai degrabă lungi, cu dinţi, o trăsătură întâlnită adeseori la mâncătorii de peşte, şi diversele pliuri din anatomia urechii interne care pot face posibil auzul în apă.[29] O adaptare şi mai evidentă la mediul acvatic a prezentat *Ambulocetus*, asemănător cu leul-de-mare sau cu vidra, cu membre scurte (deşi încă pe deplin funcţionale).[30]

Dar nu a durat mult până când balenele au devenit complet acvatice, în forme precum *Basilosaurus*, lung de 20 de metri, identic cu şarpele-de-mare încolăcit din legende, chiar dacă păstra mici vestigii ale membrelor posterioare ca o amintire a strămoşilor săi tereştri.[31]

După care, nimic nu le-a mai stat în cale. Balenele au înlocuit giganticele şopârle-de-mare – o nişă care fusese vacantă după extincţia plesiozaurilor şi mosazaurilor la sfârşitul Cretacicului. Ele au devenit mamifere foarte performante, numărându-se printre cele mai inteligente şi, totodată, în cazul balenei albastre, cele mai mari animale pe care le-a produs vreodată evoluţia. Dar poate mai remarcabilă decât transformarea însăşi a fost viteza cu care ea a avut loc – de la alergători complet tereştri, precum câinii, la vietăţi complet marine în doar opt milioane de ani.[32]

*

O altă transformare a fost poate chiar mai surprinzătoare – fiindcă pare să fi şters aproape orice urmă că s-ar fi petrecut vreodată.

Separarea Africii de America de Sud în perioada cretacică a făcut din ea un continent insular care a rămas izolat timp de aproximativ 40 de milioane de ani. Mamiferele placentare insectivore timpurii ale Africii, lăsate în voia lor, s-au diversificat într-o asemenea măsură încât toate semnele exterioare ale moştenirii lor comune au dispărut.[33] Ele au devenit elefanţi magnifici; sirenieni acvatici, precum dugongul şi lamantinul; şi aardvarkul, tenrecii, cârtiţa aurie, şoarecii-elefant şi hiracşii. Toate fac parte din superordinul Afrotheria, o radiaţie paralelă cu un grup mai nordic, Laurasiatheria – care include copitatele, balenele, carnivorele, liliecii, pangolinii şi restul insectivorelor.

În orice clasificare, există întotdeauna un grup care nu se încadrează nicăieri. În cazul mamiferelor, acesta a fost grupul Euarchontoglirelor – un amestec de scormonitori care cuprindea şobolani, şoareci, iepuri şi, aparent aproape ca o completare, primatele. Aceste creaturi mici, agitate, cu ochi orientaţi în faţă, vedere în culori, creiere curioase şi mâini gata să exporeze, priveau atent din impozantele pădurile tropicale ale Eocenului la o lume în schimbare rapidă.

9

Planeta Maimuţelor

Coregrafia derivei continentelor e la fel de implacabilă pe cât este de lentă.

Cu vreo 30 de milioane de ani în urmă, continentul Antarctica se rupsese de Pangeea şi se deplasase atât de mult spre sud, încât era complet înconjurat de ocean. Efectul acestui eveniment singular asupra climatului Pământului a fost profund şi de lungă durată. Pentru prima dată a fost posibil ca un curent oceanic să se rotească neîntrerupt în jurul noului continent. Acest curent a împiedicat apa caldă de la tropice să ajungă pe ţărmurile pe atunci blânde ale Antarcticii. Frigul se lăsa peste vârfurile zimţate, acoperite de copaci ale Munţilor Transantarctici, unul dintre cele mai uluitoare lanţuri muntoase de pe planetă.

S-a întâmplat ca într-un an zăpada care căzuse în timpul iernii să nu se topească în întregime în primăvara următoare şi a rămas pe sol tot anul. S-a adunat şi mai multă zăpadă, strat după strat, secol după secol, transformându-se în gheaţă care nu se mai topea şi continua să crească. În văile adânci au început să se formeze gheţari.

Pe măsură ce Antarctica plutea în continuare în derivă către sud, soarele se afla tot mai jos la solstiţiul de vară, iar nopţile de iarnă au devenit mai lungi. În cele din urmă, a sosit anul când iarna soarele n-a mai răsărit deloc şi continentul a petrecut şase luni neîntrerupte în întuneric. Gheţarii au ajuns atât de mari încât au îngropat şi au depăşit înălţimile lanţurilor muntoase în văile cărora se formaseră. Pereţi de gheaţă au pătruns în ţinuturile joase, măturând totul în calea lor. Coasta nu a reprezentat o barieră. Gheaţa a înaintat în ocean, formând banchize deasupra mării şi dând naştere unor aisberguri care au răcit şi mai mult oceanul din jur.

În câteva milioane de ani, un continent ce fusese cândva luxuriant şi verde devenise un deşert uscat, îngheţat, prea aspru pentru orice formă de viaţă, cu excepţia celei mai primitive – licheni, muşchi – şi chiar şi atunci, doar în locurile cele mai adăpostite, orientate spre nord, de pe marginile masei terestre. Pe de altă parte, mările care îl înconjurau fremătau de viaţă.

La fel s-a întâmplat şi în nordul îndepărtat, chiar dacă lucrurile au fost inversate. Continentele nordice, încă în derivă spre nord, înconjurau Oceanul Arctic, aşa încât foarte puţină apă caldă putea ajunge la el

dinspre sud. În marea nordică începea să se formeze o calotă glaciară permanentă, copiind-o parcă pe cea mult mai întinsă ce acoperea uscatul în sudul extrem. După multe milioane de ani în care Pământul fusese complet lipsit de gheață polară, calotele permanente reveniseră.

Consecințele au fost resimțite pretutindeni. Cândva, lumea fusese suportabil de caldă aproape peste tot, acum însă între poli şi tropice au apărut diferențe de climă extreme. Au început să sufle vânturile. Clima a devenit variabilă, mai sezonieră şi mai rece.

Asta a marcat sfârşitul planetei junglă pe care cele dintâi primate o numeau acasă.[1]

*

Junglele s-au separat în fragmente izolate de pădure. În spațiile dintre ele au început să apară câmpii întinse, acoperite cu un tip nou de plantă – iarba.[2] Crescând mai degrabă de jos în sus decât de sus în jos, iarba poate fi tăiată continuu fără a fi ucisă. Acest cadou nou şi uimitor a fost repede exploatat de animale care au ajuns să o pască. Dar păscutul este o activitate mai grea decât ciugulitul frunzelor moi ale copacilor din junglă, aşa cum făcuseră până atunci animalele. Ierburile sunt bogate în siliciu, un mineral care literalmente şlefuieşte dinții unui animal în timp ce mestecă.

Copitatele evoluaseră ca exploratori ai pădurii, dar acum au dezvoltat maxilare mai adânci şi dinți cu cuspizi multipli capabili să mărunțească această hrană tare. Pe măsură ce evoluau, ele au crescut în dimensiune, iar câmpiile răsunau sub copitele bubuitoare ale cailor şi sub picioarele rinocerilor gigantici.

Descendenții micilor creaturi asemănătoare cu un hipopotam care cutreieraseră mlaştinile şi zonele umede ale Africii s-au mutat pe solul uscat, tare şi au devenit elefanți. Din ce în ce mai mari şi mai puternici, odată cu trecerea timpului, au ajuns în savană. Turmele au adus în urma lor prădătorii.

*

Primatele s-au adaptat şi ele. Deşi multe au rămas în pădurile care se micşorau, ducând o existență tot mai marginală, unele au început să completeze viața în copaci cu episoade la sol. Asemenea copitatelor, au devenit mai mari: maimuțele agitate s-au transformat în versiunea mai chibzuită a maimuțelor antropoide.

În Miocen, Lumea Veche devenise o Planetă a Maimuţelor. Peticele de pădure ce deveneau tot mai rare şi ţinuturile uscate din jur răsunau de ţipetele şi chemările lor. *Ouranopithecus*[3] se legăna în Grecia, în timp ce *Ankarapithecus*[4] se legăna în Turcia. În centrul Europei patrula *Dryopithecus*, prin Africa hălăduiau *Proconsul*, *Kenyapithecus* şi *Chororapithecus*, unde o rudă a acestuia din urmă a evoluat în gorilă.[5] Existau un *Lufengpithecus* în pădurile din China şi un *Sivapithecus* în Asia de Sud, unde rudele sale s-au retras la un moment dat în ultimele jungle şi, prin intermediul *Khoratpithecus*-ului din Thailanda,[6] au devenit urangutani.

Unele dintre aceste maimuţe antropoide erau atât de mari încât nu mai puteau să alerge de-a lungul crengilor care cândva fuseseră autostrăzile lor.[7] În schimb, au adoptat o varietate de posturi diferite, precum atârnatul sub ramuri de braţele lor lungi sau o combinaţie de căţărare şi agăţare. Cu timpul, unele, precum *Danuvius,* din Europa Centrală, au ajuns să adopte o postură mai dreaptă.[8]

Nu toate aceste încercări au fost încununate de succes pe termen lung. *Oreopithecus*, eşuat pe o insulă din Mediterana care avea să devină într-o bună zi Toscana, a experimentat mersul în poziţie verticală.[9] Cu toate acestea, s-a stins şi el.

*

Iar Pământul a continuat să se răcească. Pădurile s-au micşorat şi mai mult, împingând majoritatea maimuţelor antropoide, rămase în refugiile din junglă, în pădurile adânci din Africa Centrală şi Asia de Sud-Est.[10] Pentru celelalte, alegerea a fost tranşantă: alungarea definitivă din Eden sau extincţia. În afară de tendinţa de a se ridica pe picioarele din spate şi a merge, pribegii n-au luat cu ei mai nimic.

În urmă cu 7 milioane de ani, descendenţii din Eden deveniseră mai buni mărşăluitori decât căţărători. Răcirea climei transformase maimuţele în antropoide şi apoi antropoidele în altceva. Ca de atâtea ori înainte, neliniştitul Pământ, răsucindu-se în somn, şi-a mototolit cuvertura subţire de viaţă, iar viaţa a făcut tot posibilul pentru a rezista. Restul maimuţelor antropoide, împinse de forţe mai puternice decât şi-ar fi putut imagina vreuna dintre ele, au făcut primii paşi pe lungul drum către umanitate.

Mersul în mod regulat, nu doar sporadic, în poziţie verticală este primul semn distinctiv al hominienilor – linia evolutivă umană.[11] Primii hominieni au apărut în Miocenul târziu, în urmă cu aproximativ 7 milioane de ani. Un astfel de hominian a fost *Sahelanthropus*

tchadensis,[12] o creatură care umbla după hrană pe malurile Lacului Ciad din Africa de Vest. Regiunea a fost cândva luxuriantă, iar lacul era unul dintre cele mai întinse din lume. Între timp însă tendința climatului de a deveni mai uscat s-a accentuat: lacul s-a micşorat, devenind un vestigiu minuscul a ceea ce fusese cândva, iar ținutul din jur s-a transformat într-un deşert neospitalier şi dezolant.[13] *Sahelanthropus* nu a fost singur. În Africa de Est, acum aproximativ 5 milioane de ani, trăiau şi alți bipezi, precum *Ardipithecus kadabba*[14] din Etiopia şi *Orrorin tugenensis* din Kenya.[15] Pentru primate, mersul vertical, la fel ca majoritatea celorlalte inovații din preistoria umană, a început în Africa.[16]

*

Statul în picioare şi mersul sunt, pentru noi, atât de uşoare, atât de naturale încât le considerăm de la sine înțelese. Multe mamifere pot să stea drept şi chiar să meargă în două picioare pentru scurt timp. Dar asta necesită efort, aşa că revin repede pe patru picioare, poziția tipică a mamiferelor.[17] Hominienii sunt diferiți. Mersul vertical este implicit – în schimb, deplasarea pe patru picioare, folosind mâinile şi picioarele pentru a merge este nefirească şi dificilă. Adoptarea mersului biped de către o linie de maimuțe care trăiau pe malurile râurilor şi la adăpostul pădurilor africane acum 7 milioane de ani a fost unul dintre cele mai remarcabile, neaşteptate şi derutante evenimente din întreaga istorie a vieții. Ea a implicat o reproiectare completă a corpului, din cap până-n picioare.

La nivelul capului, orificiul prin care măduva spinării pătrunde în craniu s-a mutat din spate (acolo unde se găseşte la patrupede) la bază. Această caracteristică, şi cam atât, îl identifică pe *Sahelanthropus* drept hominian. Asta însemna că, atunci când mergea pe membrele posterioare, fața lui era îndreptată mai degrabă înainte decât în sus, spre cer, iar craniul se balansa în vârful coloanei vertebrale în loc să fie susținut dintr-un capăt.

Efectele asupra restului corpului au fost la fel de profunde. Când a apărut, în urmă cu o jumătate de miliard de ani, şira spinării era o structură ținută orizontal, în tensiune. La hominieni, s-a ridicat cu 90 de grade, pentru a fi ținută vertical, în compresie. Tehnic vorbind, această modificare radicală a coloanei vertebrale nu este comparabilă decât cu prima sa evoluție şi nu poate fi considerată decât ca inadaptată – dovadă că în prezent problemele spatelui constituie una dintre cauzele cele mai costisitoare şi mai frecvente ale deteriorării sănătății la oameni.

Dinozaurii au avut mare succes datorită faptului că erau bipezi, dar erau astfel într-un mod diferit – îşi ţineau coloana vertebrală în poziţie orizontală, folosindu-şi cozile lungi şi rigide drept contragreutăţi. Însă hominienii, la fel ca maimuţele antropoide, nu au cozi şi au ajuns la mersul biped pe calea mai grea.

Problemele s-au accentuat pentru femelele gravide care au trebuit să se adapteze la o sarcină tot mai instabilă şi în permanentă schimbare – o situaţie care şi-a pus amprenta asupra evoluţiei umane. Şi nu e de mirare, dat fiind că, în cea mai mare parte a istoriei omenirii, femelele adulte – de care depinde continuarea speciei – şi-au petrecut o bună bucată din viaţă fie gravide, fie alăptând.[18] Ba mai rău: picioarele hominienilor tind să fie mai lungi, în raport cu înălţimea totală, decât ale maimuţelor antropoide. Picioarele mai lungi fac locomoţia mai eficientă din punctul de vedere al consumului de energie, dar există un cost: fetusul se află la o înălţime mai mare faţă de sol, ridicând centrul de greutate şi crescând instabilitatea.

Şi ca şi cum toate astea n-ar fi de ajuns, un hominian trebuie să se mişte ridicând un picior de pe sol, schimbând rapid centrul de greutate şi apoi corectând situaţia înainte să cadă – şi trebuie să procedeze aşa la fiecare pas pe care-l face. Asta necesită un nivel de control remarcabil, în care creierul, nervii şi muşchii lucrează atât de bine împreună, încât noi nici măcar nu ne dăm seama.

Primii hominieni păreau mititei în comparaţie cu unele dintre animalele cu care împărţeau lumea. În realitate, ei erau avioanele de luptă ale regnului animal. Patrupedele pot să facă gălăgie, să alerge repede şi chiar să se răsucească rapid, dar astfel de acţiuni necesită adesea o forţă de torsiune controlată de o coadă lungă, şfichiuitoare, ca la ghepard atunci când vânează.[19] În general, animalele cu patru picioare sunt precum avioanele de marfă care, atunci când sunt îndreptate în direcţia corectă, continuă să zboare cu temeritate. Lipsite de astfel de ajutoare, fiinţele umane sunt precum avioanele de luptă – de o maniabilitate aproape supranaturală, cu preţul stabilităţii: doar cei mai buni piloţi ajung să zboare pe cele mai rapide avioane. Hominienii nu doar păşeau, precum dinozaurii, ci şi dansau, mergeau ţanţoş, pivotau şi făceau piruete.

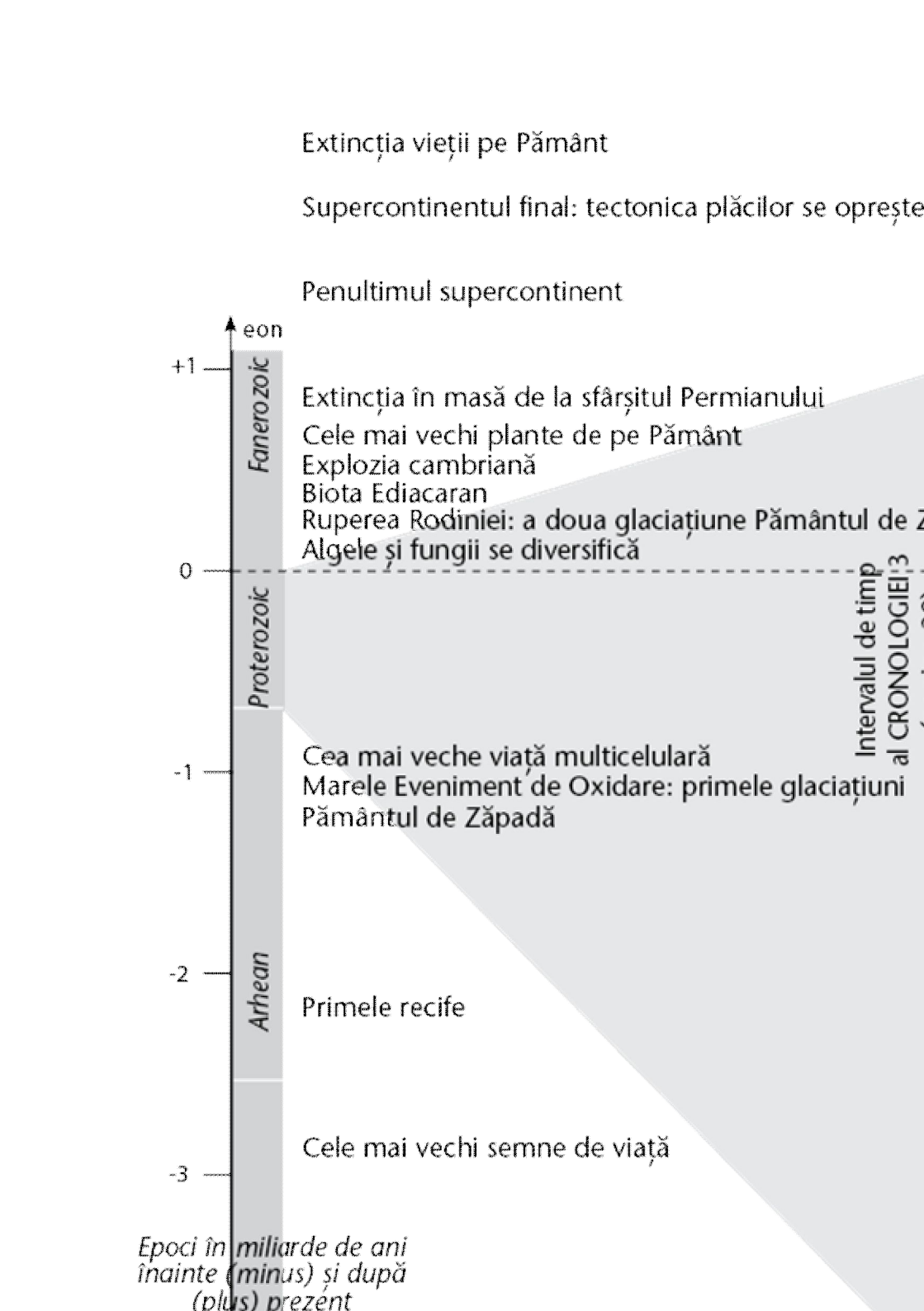
Avantajele mersului biped au fost în cele din urmă enorme. Dar ce este minunat e modul în care a început. Faptul că hominienii se numără printre foarte puţinele mamifere pentru care mersul pe două picioare este un fapt de viaţă cât se poate firesc[20] este o dovadă a improbabilităţii mersului biped – neputinţa oricărui om lipsit brusc de folosirea unuia dintre membrele sale posterioare[21] fiind un exemplu puternic în acest

sens. Odată ce hominienii au pornit pe calea puțin umblată ce ducea către mersul biped, selecția naturală s-a asigurat că ei trebuiau să devină foarte buni la asta – și foarte repede.

Mersul uman e una dintre minunile mult subapreciate ale lumii moderne. Astăzi, oamenii de știință sunt capabili să identifice structura particulelor subatomice, să detecteze bubuiturile și scrâșnetele găurilor negre care fuzionează la distanță de milioane de ani-lumină, ba chiar să tragă cu ochiul la începuturile universului. Și cu toate astea, nu a fost creat niciun robot care poate imita grația naturală și calitățile fizice ale unei ființe umane obișnuite în timp ce merge.

*

Întrebarea rămâne – *de ce?* Răspunsul simplu este că mersul biped nu e decât unul dintre numeroasele moduri de deplasare pe care maimuțele antropoide le-au încercat timp de milioane de ani, printre care legănatul, folosindu-și brațele alungite, cum fac gibonii; cățăratul, folosindu-și toate cele patru membre ca mâini, cum fac urangutanii; și mersul sprijinit în degetele de la mâini specific cimpanzeilor și gorilelor. Dar de ce au încercat hominienii mersul biped, și nu alt mod de a ajunge dintr-un loc în altul, rămâne o întrebare deschisă. Cu siguranță, viața în spații neîngrădite nu-l impune. Multe maimuțe mari, precum macacii și babuinii, trăiesc în astfel de spații și rămân cu toate patru picioarele plantate ferm pe solul dur, uscat.


Extincția vieții pe Pământ
Supercontinentul final: tectonica plăcilor se oprește
Penultimul supercontinent
eon
+1
Fanerozoic
Extincția în masă de la sfârșitul Permianului
Cele mai vechi plante de pe Pământ
Explozia cambriană
Biota Ediacaran
Ruperea Rodiniei: a doua glaciațiune Pământul de Z
Algele și fungii se diversifică
0
Proterozoic
Intervalul de timp al CRONOLOGIEI 3
Cea mai veche viață multicelulară
Marele Eveniment de Oxidare: primele glaciațiuni
Pământul de Zăpadă
-1
-2
Arhean
Primele recife
Cele mai vechi semne de viață
-3
Epoci în miliarde de ani înainte (minus) și după (plus) prezent

Sugestiile că mersul biped a eliberat mâinile pentru, să zicem, a confecționa unelte sau a ține în brațe puii nou-născuți nu sunt nici ele credibile, dat fiind că multe animale reușesc să le facă pe amândouă fără să treacă în întregime la mersul biped la care recurg hominienii. În ceea ce-i privește pe primii hominienii, tot ce se poate spune este că s-ar putea ca ei să fi fost cumva preadaptați la acest mers în virtutea unui gen de deplasare vertical de tip cățărare-și-alergare pe care începuseră să-l adopte în copaci, după care mersul pe sol nu ar mai fi reprezentat o schimbare atât de mare. Pentru ei, mersul s-ar putea să fi fost precum cățăratul pe ramuri – dar fără ramuri.

*

În orice caz, mulți și-au păstrat capacitatea de a se cățăra. Picioarele unuia dintre cei mai timpurii, *Ardipithecus ramidus*, care a trăit acum 4,4 milioane de ani în Etiopia,[22] avea degetele mari de la picioare divergente ceea ce, la fel ca degetele mari de la mână, sugerează abilitatea de a se agăța – semnul distinctiv al unei creaturi care se simte mai bine în copaci decât mergând confortabil în umbra lor.[23] O altă specie, *Australopithecus anamensis*, care a trăit în Africa de Est în urmă cu 4,2–3,8 milioane de ani, a fost la fel de primitivă în multe aspecte, dar mai sigură pe sol.[24]

Australopithecus anamensis s-a suprapus în timp cu o serie de specii similare. Una dintre acestea, *Australopithecus afarensis*, a trăit în aceeași regiune în urmă cu 4–3 milioane de ani[25] și a fost adaptată și mai bine la mersul biped. Ea a fost una dintre cele mai de succes specii de hominieni timpurii prin aceea că a depășit granițele Africii de Est, fiind descoperită la vest până în Ciad.[26] Oriunde a cutreierat, a făcut-o la fel de vertical cum o facem și noi în ziua de azi,[27] chiar dacă a continuat să fie un bun cățărător.[28]

Nimic din toate astea nu ar trebui să ne dea impresia că o serie de specii din ce în ce mai bine adaptate la mersul biped s-au înlocuit unele pe altele într-o manieră ordonată, prestabilită. Hominienii erau rari în savanele din Africa de Est, preferând să trăiască într-un mediu amestecat, cu zone ierboase, tufărișuri lemnoase și ținuturi împădurite umbroase, apropiate de apă,[29] unele specii fiind mai înclinate să trăiască în copaci decât altele. Acum 3,4 milioane de ani, hominieni atârnați în copaci, asemănători cu *Ardipithecus*, încă hoinăreau prin păduri.[30]

Prin urmare, pentru toți aceștii hominieni timpurii mersul vertical a fost o parte a rutinei zilnice care includea cățăratul și, probabil, cuibăritul în ramurile unui copac, așa cum fac azi maimuțele

antropoide. Pe lângă mediul de viaţă, hrana a suferit şi ea schimbări. Unii hominieni au început să includă în hrana tradiţională a primatelor, compusă din fructe, frunze tinere şi insecte, alimente mai tari, cum ar fi nucile şi tuberculii. Răspunsul evolutiv a dus la schimbări comparabile cu cele întâlnite la copitatele din savană: pomeţi proeminenţi pentru a susţine muşchi masticatori uriaşi, maxilare adânci şi dinţi ca nişte pietre de mormânt. Unele specii de acest tip extrem de specializat, grupate vag în genul *Paranthropus,* au apărut în Africa în urmă cu 2,6 milioane şi 600 000 de ani. Aceste creaturi prin excelenţă din savană au trăit alături de hominieni mai generalizaţi – diverse specii de *Australopithecus* şi propriul nostru gen, *Homo*[31] – dintre care unele au devenit amatoare de o hrană mai suculentă.

*

Cândva, acum aproximativ 3,5 milioane de ani, unii dintre aceşti hominieni timpurii au prins gustul cărnii, de obicei obţinută din prăzile altor animale. Niciun hominian timpuriu nu avea dinţi sau fălci pentru a-i face faţă unui leu sau leopard – dar începuseră să cioplească pietre, să confecţioneze unelte ascuţite şi să dezvolte arta măcelăriei.[32]

Uneltele cele mai timpurii n-au fost decât simple pietre cioplite.[33] Însă impactul lor asupra vieţii umane avea să fie profund. Vederea binoculară bine dezvoltată a primatelor, moştenită de la strămoşii lor care trăiau în copacii din Eocen – împreună cu o piatră aruncată de nişte mâini eliberate de necesitatea locomoţiei terestre – putea să spargă capul unui leu care umbla după hrană sau să alunge vulturii de pe un cadavru. Chiar şi înainte de apariţia preparării hranei, folosirea acestor simple unelte de piatră pentru a tăia carnea şi a zdrobi materia vegetală au sporit semnificativ cantitatea de nutrienţi necesari unor creaturi[34] care trebuiau să fie de o inventivitate fără margini pentru a ţine la distanţă ameninţarea permanentă a foametei. Carnea şi măduva scoasă din oasele lungi, sparte cu pietre, sunt pline de proteine şi grăsimi vitale şi pot fi digerate mai uşor decât rădăcinile fibroase şi nucile care trebuiau mestecate cu tenacitate. Hominienii care mâncau carne şi grăsime au dezvoltat dinţi şi muşchi masticatori mai mici. Energia economisită a servit la dezvoltarea unor creiere mai mari; iar timpul câştigat a început să fie folosit pentru a face şi altceva în afară de a aduna hrană şi de a o mesteca.

Foamea însă a continuat să dea târcoale. În clipele de răgaz, unora dintre aceşti hominieni le-a trecut prin cap că, în loc să fie nevoiţi să se bazeze pe resturi deja mestecate de alte animale, carnea putea fi mai

suculentă dacă era proaspăt prinsă. Au învățat să confecționeze unelte de piatră mai eficiente.

Dar mai presus de toate, au făcut un pas care avea să fie la fel de revoluționar cum fusese statul în poziție verticală pentru strămoşii lor îndepărtați din păduri: au învățat să alerge.

10

În toată lumea

După mai bine de 50 de milioane de ani, declinul lung şi lent al climatului Pământului era pe cale să atingă punctul culminant.

Totul era pregătit.

În sudul extrem, un curent circumpolar menţinea Antarctica sub gheţuri. În nordul extrem, continentele convergente închiseseră Oceanul Arctic în propriu-i iad îngheţat. Dar mai urmau şi altele.

Bătaia finală de gong a venit din spaţiu. Nu sub forma unui impact subit, precum cel care pusese capăt în mod violent domniei dinozaurilor – ci ca o serie de schimbări mici, aproape imperceptibile, ale modului în care Pământul orbita în jurul Soarelui. Astfel de schimbări avuseseră loc tot timpul în fundal, dar efectele lor asupra locuitorilor planetei fuseseră aproape întotdeauna prea mici ca să conteze. Toate astea erau pe punctul de a se schimba.

*

Orbita Pământului în jurul Soarelui nu este perfect circulară, ci uşor eliptică. Dacă ar fi circulară, Pământul s-ar afla mereu la o distanţă fixă faţă de Soare. Dar pentru că orbita este eliptică, distanţa de la Pământ la Soare variază în timpul anului: uneori el este mai aproape de Soare, alteori mai departe. Această abatere de la forma perfect rotundă este cunoscută sub numele de excentricitate şi e determinată de interacţiunea gravitaţională a Pământului cu alte planete în timp ce acestea se rotesc la rândul lor în jurul Soarelui.

În punctul său cel mai apropiat, Pământul se află la 147 de milioane de kilometri de Soare; în cel mai îndepărtat, la 152 de milioane de kilometri. Asta contează foarte puţin în marea schemă a lucrurilor. Uneori, însă orbita Pământului devine mai excentrică – alungită –, astfel că distanţa dintre planeta noastră şi Soare ajunge să fie de 129 de milioane de kilometri în punctul cel mai apropiat şi de 187 de milioane de kilometri în punctul cel mai îndepărtat. Este ca şi cum orbita Pământului „inspiră” şi „expiră” încet. Fiecare respiraţie completă durează 100 000 de ani. Cu cât orbita este mai alungită, cu atât clima este mai extremă, deoarece Pământul se apropie mai mult de căldura

Soarelui decât în mod obişnuit; şi se aventurează mai departe, în întunericul prelung al spaţiului adânc.

*

În acelaşi timp, înclinaţia axei Pământului oscilează în raport cu planul revoluţiei sale în jurul Soarelui.

Schimbarea anotimpurilor şi separarea Pământului în zone climatice sunt toate consecinţe ale înclinaţiei axiale a Pământului. În timpul verii nordice, Polul Nord este înclinat către Soare la un unghi de 23,5 grade faţă de verticală. Asta înseamnă că tot ce se află dincolo de 66,5 grade[1] latitudine nordică – adică de Cercul Arctic – este scăldat în permanenţă de soare. În mod similar, în timpul iernii nordice, când emisfera nordică este îndepărtată de Soare, Arctica zace într-un întuneric total. În emisfera sudică şi la Cercul Antarctic, la 66,5 grade latitudine sudică, este invers. Tropicul Racului şi Tropicul Capricornului, aflate la 23,5 grade latitudine nordică, respectiv sudică, marchează cele mai îndepărtate puncte de Ecuator în care la amiază Soarele se află exact deasupra capului.

Valoarea actuală de 23,5 grade reprezintă o medie. Înclinaţia axială poate varia între 21,8 şi 24,4 grade, cu o perioadă de aproximativ 41 000 de ani. Gradul de înclinaţie afectează variaţiile anotimpurilor. Când înclinaţia este mai mare, verile vor fi – în medie – ceva mai fierbinţi, iernile mai reci; ţinuturile Arcticii şi Antarcticii vor fi mai vaste; iar la Tropice, Soarele se va afla deasupra capului la amiază în timpul solstiţiului de vară la o latitudine mai mare. Cu alte cuvinte, clima Pământului devine, foarte lent, mai extremă. Când înclinaţia axei este mai mică de 23,5 grade, climatul este în general mai blând.

*

Un al treilea ciclu este precesia, în care însăşi axa polară înclinată a Pământului se roteşte, deşi mult mai încet decât ciclul de rotaţie zilnic – la fel cum se roteşte axa unui titirez în timp ce acesta se învârte. Ciclul respectiv durează 26 000 de ani. El poate fi observat, de către aceia suficient de răbdători, printr-o mişcare lentă a polului care descrie un cerc în jurul cerului. În prezent, Polul Nord pare să indice, mai mult sau mai puţin, către steaua Polaris, „Steaua Polară”, din constelaţia Ursa Mică. Însă datorită precesiei, Polaris va fi înlocuită cu timpul de Vega, din constelaţia Lyra, o altă stea nordică remarcabilă.[2] Aceasta va fi clar vizibilă pentru oricine este dispus să aştepte 13 000 de ani.

*

Ca urmare a acestor trei cicluri, fiecare suplimentându-le pe celelalte, cantitatea de lumină solară primită de orice punct de pe planetă se schimbă în mod periodic. Rezultatul este că Pământul trece printr-un val de frig aproximativ o dată la 100 000 de ani.[3]

Orbita Pământului a respirat, s-a clătinat şi s-a înclinat la fel timp de milioane şi milioane de ani, iar efectul general a fost foarte mic. Sau fusese – până în urmă cu vreo 2,5 milioane de ani. Până atunci, faptele din teren – lucruri precum fuzionarea şi desprinderea continentelor, cu perturbarea aferentă a chimiei oceanelor şi atmosferei – avuseseră o importanţă mult mai mare pentru organismele vii. S-a întâmplat însă ca acum 2,5 milioane de ani, impactul mecanismului cosmic de deasupra să fie mai degrabă amplificat decât disipat de configuraţia pământului de dedesubt.

Cu gheaţa deja existentă la poli, condiţiile erau perfecte. Mecanismul cosmic şi deriva continentală şi-au dat mâna, propulsând întreaga planetă într-o serie de epoci glaciare. Acestea au început blând, dar au devenit, în general, mai dure şi continuă până în prezent. Fiecare episod glaciar durează în jur de 100 000 de ani, cu o pauză de vreo 10 000–20 000 de ani, când climatul poate deveni, pentru o scurtă vreme, foarte călduros, ba chiar tropical, inclusiv la latitudini înalte.

Cea mai rece perioadă din cel mai recent val de frig a fost acum 26 000 de ani. O mare parte a nord-estului Americii de Nord a fost îngropată sub ceea ce este cunoscut sub numele de Stratul de Gheaţă Laurentide, iar vestul Americii de Nord sub Stratul de Gheaţă Cordilleran. Cea mai mare parte a nord-vestului Europei se afla sub Stratul de Gheaţă Scandinav. Lanţurile muntoase, din Alpi şi până în Anzi, gemeau sub gheţari. În restul emisferei nordice, tot ce nu era îngheţat era un amestec de stepă uscată şi tundră, fără copaci şi bătută de vânturi.

Toată acea apă transformată în gheaţă trebuia să vină de undeva: nivelul mediu al mării era cu 120 de metri mai scăzut decât este astăzi. În momentul de faţă suntem de 10 000 de ani într-o perioadă călduroasă şi nivelul mării este, în medie, mai ridicat decât a fost timp de vreo două milioane de ani.

Schimbările climatice impuse de epocile glaciare au fost adeseori foarte rapide şi, ca să nu spunem mai mult, turbulente. Cele mai mari contraste pot fi observate în Marea Britanie, care se află în vestul extrem al masei continentale eurasiatice şi, în consecinţă, este foarte sensibilă la schimbări din ocean şi la vânturile dominante din vest. Acum o

jumătate de milion de ani, Britania era îngropată sub un strat de gheață gros de o milă. În schimb, cu 125 000 de ani în urmă, clima era atât de caldă, încât leii vânau cerbi pe malurile Tamisei, iar hipopotamii se tăvăleau în noroi până departe în nord, la râul Tees. Acum 45 000 de ani, Britania era o stepă lipsită de copaci, unde iarna mişunau elanii, iar vara, bizonii.[4] În urmă cu 26 000 de ani, era prea frig până şi pentru elani.[5]

*

Aceste schimbări radicale ale climei au fost modulate şi mai mult de curenţii oceanici şi chiar de prezenţa gheţii însăşi.

Principalul motiv pentru care Britania are astăzi o climă blândă, având în vedere mai ales latitudinea sa relativ nordică, este că ţărmurile ei sunt scăldate de un curent oceanic cald ce avansează către nord-est dinspre zona Bermudelor. Când ajunge în regiunea Groenlandei, acest curent întâlneşte apa polară din nord, se răceşte, eliberează aerul său cald în atmosferă şi – întrucât apa rece este mai densă decât apa caldă – coboară la fund şi porneşte din nou spre sud, formând o parte a unui sistem planetar de curenţi oceanici de mare adâncime.

Clima Britaniei este extrem de sensibilă la latitudinea la care curentul ce se îndreaptă spre nord se răceşte şi coboară. Dacă acest curent ar trece mai la sud decât o face acum, clima Britaniei ar fi cu mult mai rece. În perioadele cele mai reci ale epocilor glaciare, curentul nu a depăşit coastele nordice ale Spaniei. Ca urmare, clima Britaniei semăna mai mult cu cea din nordul Labradorului decât cu cea actuală.

Curentul oceanic mondial (de adâncime) este determinat nu doar de căldură, ci şi de salinitate. Cu cât apa din curentul cald ce se îndreaptă spre nord-est în Atlanticul de Nord este mai sărată, cu atât va fi mai caldă, şi cu atât mai repede va coborî către fundul oceanului când ajunge în Groenlanda. Un efect colateral al acestui fapt este că gheaţa, care pluteşte, tinde să fie mai puţin sărată decât marea, în general.[6]

O problemă a apărut către sfârşitul ultimul episod glaciar, când o tendinţă generală de încălzire a dus la ruperea şi prăbuşirea unor aisberguri din Stratul de Gheaţă Laurentide în Atlanticul de Nord. Deversarea bruscă în mare a unor cantităţi enorme de apă rece şi dulce a făcut ca marea să fie mai puţin sărată, iar circulaţia apei în oceane a scăzut.[7] Rezultatul a fost o serie de scurte perioade de frig în cadrul tendinţei generale de încălzire.

Cât priveşte gheaţa însăşi, ea este foarte strălucitoare şi reflectă lumina soarelui. Cu cât există mai multă gheaţă, cu atât lumina solară

este reflectată mai mult în spațiu şi pământul este mai puțin încălzit, ceea ce lasă mai multă gheață netopită, care reflectă mai multă lumină solară; şi continuă aşa, într-o buclă de reacție pozitivă.

Toți aceşti factori înseamnă că efectele magnificului mecanism cosmic sunt mai puțin previzibile decât ne-am putea imagina, iar schimbările climatice pot fi foarte bruşte. Chiar la sfârşitul ultimei glaciațiuni, acum aproximativ 100 000 de ani, clima Europei a trecut de la subarctică la moderat temperată în decursul unei vieți de om.

*

Schimbările dramatice ale climei au fost cele mai severe la marginile continentelor şi către poli, însă efectele lor s-au simțit şi la tropice, unde diferitele specii de hominieni trăiau, chiar dacă precar, în savanele şi la liziera pădurilor africane. Ideea unei lumi acoperite de gheață nu le apăruse nici în visurile lor cele mai întunecate. Problema lor stringentă era că, deja uscat, climatul devenea şi mai arid.

Şi totul s-a întâmplat destul de brusc, cu aproximativ două milioane şi jumătate de ani în urmă.[8]

Pădurile s-au uscat.

Vânatul a devenit mai puțin, mai temător, mai greu de găsit şi de ucis.

Nu mai era posibil ca hominienii să ducă genul de existență simplă, săpând după rădăcini aici, umblând după leşuri de animale dincolo. Diversele specii de *Paranthropus* au continuat să sape cu obstinație, sfărâmând între maxilarele lor puternice nuci şi transformând tuberculii într-o pastă, însă pentru ei viața s-a complicat. Cu timpul, grupurile rătăcitoare de *Paranthropus* s-au răsfirat şi, undeva acum o jumătate de milion de ani, pe când nordul Europei şi America de Nord încă gemeau sub greutatea gheții, au dispărut din savană.

Dar la momentul respectiv a apărut un nou hominian, foarte diferit de tot ceea ce existase până atunci. Era mai înalt decât orice alt hominian de dinaintea lui. Era mai inteligent. A adoptat poziția bipedă pe care hominienii o adoptaseră cu milioane de ani în urmă şi a perfecționat-o. În timp ce *Paranthropus* devenise un vegetarian specializat, iar alți hominieni culegători şi necrofagi oportunişti, această specie nouă ajunsese să fie un prădători al savanei.

Noi am denumit această creatură *Homo erectus*.

Comparat cu hominienii precedenți, *Homo erectus* era construit pe un schelet complet diferit. După cum sugerează şi numele, era mult mai înalt, mai vertical. Coapsele sale erau mai înguste, iar picioarele erau

proporţional mai lungi, făcând mersul mai eficient. Braţele erau proporţional mai scurte: cățăratul era mult mai puţin important în activitatea sa de zi cu zi. Deşi hominienii erau bipezi de 6 milioane de ani, îşi păstraseră tot timpul anumite abilităţi de a trăi în copaci. *Homo erectus* a fost primul hominian care s-a dedicat complet vieţii pe două picioare.

Acest angajament a adus cu sine o mulţime de schimbări. Hrana lui *Homo erectus* includea mult mai multă carne. După cum am văzut, carnea este mai uşor de digerat decât materia vegetală şi conţine mai mulţi nutrienţi şi calorii. *Homo erectus* avea un intestin mai mic şi îşi putea permite să aibă un creier mai mare. Acest aspect este important deoarece creierele necesită multă energie pentru a funcţiona. Deşi reprezintă numai a cincizecea parte din masa corpului, creierul consumă a şasea parte din energia disponibilă.

Datorită intestinului mai mic, *Homo erectus* avea o talie mai bine definită decât strămoşii săi ceva mai îndesaţi şi mai burtoşi. Coapsele lui erau mai înalte şi mai înguste, permiţând torsului să se răsucească uşor în raport cu picioarele. În acelaşi timp, el îşi ţinea capul mai sus, pe un gât mult mai bine definit. Asta a însemnat că *Homo erectus* putea să facă ceva nou: putea *să alerge*, legănându-şi braţele în sensul opus mişcărilor paşilor, în timp ce-şi ţinea ochii şi capul îndreptate înainte, către ţinta sa.

Alergarea a devenit foarte importantă. Deşi *Homo erectus* a fost un sprinter slab în comparaţie cu, să zicem, un ghepard sau o antilopă impala, el a excelat la alergarea pe distanţe lungi. Fiind foarte răbdător, *Homo erectus* putea să urmărească animale de pradă mari kilometru după kilometru, ore întregi, până când animalul hăituit se prăbuşea efectiv din cauza căldurii.[9]

Vânătorii resimţeau căldura mult mai puţin decât prada lor. Aceasta se datora, în parte, faptului că *Homo erectus* era mult mai puţin blănos decât majoritatea celorlalte animale. Mai exact, el avea aceeaşi cantitate de păr, numai că acesta era subţire şi foarte scurt. Spaţiile dintre firele de păr erau pline de glande sudoripare care eliminau apă şi răcoreau corpul prin evaporare – ceva ce animalele cu multă blană nu puteau face.

În ciuda acestor performanţe impresionante, era nevoie de mai mult de un vânător fusiform şi lipsit de păr pentru a încolţi o antilopă, chiar şi una care era pe moarte. Mai mult decât în orice alt moment din istoria hominiană era important ca vânătorii să colaboreze, să lucreze în grup.

Dar coeziunea care era vitală la vânătoare a fost creată acasă.

*

Asemenea multor altor prădători în câmp deschis, cum ar fi, de pildă, câinii de vânătoare, *Homo erectus* era un animal social, înclinat către activități, precum etalarea sexuală, violența extremă și prepararea hranei.

La un moment dat în evoluția sa, diversele triburi de *Homo erectus* au învățat cum să folosească focul și au descoperit că prepararea hranei poate fi o experiență gustoasă și amuzantă. La vremea aceea, ele erau mai puțin conștiente că în felul acesta hrana elibera mai multe substanțe nutritive și omora orice paraziți sau boli pe care le puteau conține alimentele crude. Triburile[10] care au folosit focul au avut o viață mai lungă, mai sănătoasă și au produs mai mulți descendenți decât cele care nu au făcut-o. În cele din urmă, acele triburi care nu foloseau focul au pierit.

Existența triburilor a însemnat că *Homo erectus* a fost, într-o anumită măsură, teritorial. Primatele, mai mult decât oricare alte mamifere, sunt predispuse la violență agresivă și chiar la crimă.[11] Hominienii sunt cei mai sângeroși dintre toate, dar sunt la fel de iubitori pe cât sunt de luptători, parte a unui sindrom care include structura socială, etalarea sexuală și socială – și relativa absență a părului la vânătorii din zonele foarte călduroase.

Absența părului permite mult mai mult decât eliminarea căldurii în exces. Alături de poziția bipedă, ea expune vederii părțile intime ale unei ființe umane. Etalarea sexuală în public poate explica faptul, altfel derutant, că masculii umani au penisuri mult mai mari, în raport cu masa corporală, decât alte primate.

În plus, etalarea sexuală – și nevoia de coeziune de grup – pot explica de ce sânii femeilor sunt proeminenți tot timpul, nu doar în timpul alăptatului. La alte mamifere, mameloanele aproape că dispar atunci când femela nu alăptează.

Din același motiv, organele genitale ale femeilor arată la fel, indiferent dacă ele sunt la ovulație sau nu. La alte primate, organele genitale externe ale femelei sunt adesea extrem de umflate în timpul estrului, indicând absolut clar statutul ei reproductiv oricărui membru al grupului. La oameni, statutul reproductiv al unei femei e atât de ascuns încât este un secret chiar și pentru ea însăși.

La oameni, nu există un „sezon de împerechere” în timpul căruia masculii și femelele întrețin relații sexuale în public, cum se întâmplă la alte mamifere. Aceasta este, parțial, o modalitate de a demonstra și de a impune un statut social. În schimb, ființele umane pot fi fertile (sau nu)

în orice moment al anului şi preferă să aibă relaţii sexuale atunci când alţi membri ai grupului nu privesc.

Deşi sunt foarte sociali şi sociabili, oamenii tind să formeze perechi stabile pentru creşterea urmaşilor. Deşi sistemele de împerechere variază enorm în rândul oamenilor, regula generală este ca un mascul şi o femelă să dezvolte o legătură care durează de-a lungul anilor necesari pentru a-şi creşte copiii.

Asta se reflectă în gradul relativ scăzut de diferenţiere între masculi şi femele – cunoscut sub numele de dimorfism sexual. La speciile animale, unde masculii tind să monopolizeze un grup mare de femele, masculii sunt mult mai masivi decât femelele. Acest lucru este adevărat astăzi la gorile, o maimuţă antropoidă mare ce trăieşte în grupuri mici în care un harem de femele mici este dominat de un singur mascul mare.[12] Masculii umani tind să fie, în medie, mai masivi decât femelele umane, dar această diferenţă este relativ mică. La oameni, dimorfismul sexual e mult mai puţin legat de masă decât de distribuţia părului corporal şi a grăsimii subcutanate.

Dacă oamenii formează perechi stabile, atunci de ce masculii umani au penisuri atât de mari şi de ce sânii femelelor sunt mereu proeminenţi, ca şi cum indivizii de ambele sexe îşi anunţă încontinuu disponibilitatea? Şi invers, de ce organele genitale ale femelei nu ies niciodată în evidenţă, indiferent de statutul reproductiv? De ce estrul e mereu ascuns, iar sexul are loc în privat? Dacă perechile sunt complet stabile, nimic din toate astea nu ar trebui să conteze.

Răspunsul este că, deşi cuplurile sunt ideale pentru creşterea nemijlocită a urmaşilor, fiinţele umane practică adulterul mai mult decât se crede de obicei. Se spune că e nevoie de un sat pentru a creşte un copil, iar acest lucru este adevărat mai ales în privinţa copiilor de hominieni, care la naştere sunt relativ subdezvoltaţi şi neajutoraţi.

Faptul că nimeni nu poate fi absolut sigur de paternitatea unui anumit copil va favoriza cooperarea între familii. Această cooperare se va reflecta în camaraderia masculilor în toate partidele de vânătoare. Nefiind siguri cine este tatăl unui copil, masculii vânează nu doar pentru membrii propriei familii, ci pentru tot tribul.

Într-un număr considerabil de privinţe, moravurile sociale şi sexuale ale oamenilor au mai multe în comun cu moravurile păsărilor decât cu ale altor primate. Multe păsări sunt sociale, teritoriale, practică etalarea sexuală şi trăiesc în grupuri familiale în care puii mai mari îşi ajută părinţii la creşterea fraţilor mai mici înainte de a părăsi casa şi a căuta teritorii pentru ei înşişi. Multe specii de păsări formează perechi care, în public, sunt stabile, dar femelele nu se sfiesc să se împerecheze, în

secret, cu alți masculi, atunci când partenerul lor oficial este plecat la vânătoare. Asta înseamnă că un mascul nu poate fi niciodată sigur care dintre puii pe care îi crește sunt ai lui și care au fost făcuți cu altul.[13]

Confruntați cu o astfel de situație, masculii tind să-și asigure interesele. În societățile umane, cea mai bună strategie este cooperarea cu alți masculi. Până la urmă, adulterul contribuie la relațiile de prietenie între masculi și menține societățile unite, în ciuda apariției unor legături de cuplu.

Homo erectus semăna foarte mult cu noi. Dar asemănările pot fi înșelătoare. Dacă ne-am uita în ochii lui *Homo erectus*, nu am vedea șocul recunoașterii, ci doar viclenia unui prădător, de pildă, a unei hiene sau a unui leu.[14] *Homo erectus* era deconcertant de inuman.

Majoritatea mamiferelor se nasc, cresc rapid, se reproduc cât se poate de repede și, imediat ce capacitatea lor de reproducere se epuizează, mor. Același lucru a fost valabil și pentru *Homo erectus*. Copiii lor treceau rapid de la pruncie la maturitate, fără lunga perioadă de copilărie ce caracterizează ființele umane.[15] Când mureau, cadavrele lor erau ignorate, abandonate ca niște stârvuri. *Homo erectus* nu aveau nici cea mai vagă idee despre viața de apoi. Nu aveau nicio viziune asupra paradisului. Nu se temeau de niciun iad. Și, cel mai important, nu aveau bunici care să le spună povești și să funcționeze ca păstrători ai tradiției.

*

Și totuși, și totuși – *Homo erectus* a fost autorul celor mai frumoase artefacte: acele pietre meșteșugite, în formă de lacrimă, lucrate cu pricepere, aproape ca niște bijuterii, cunoscute de toată lumea drept topoare de piatră, artefactul caracteristic culturii uneltelor de piatră, Acheulean.[16]

Toporul de piatră este atât de distinctiv pentru că are, mai mult sau mai puțin, același design oriunde se întâlnește, indiferent de vârsta sa sau de materialul din care este făcut. Asocierea lui cu o anumită specie – *Homo erectus* – sugerează că topoarele de piatră, cu toată frumusețea lor indiscutabilă, au fost făcute conform unui model consacrat și stereotip. Ele au fost create la fel de instinctiv cum își fac păsările cuib. Dacă, în timp ce lucra un topor de piatră, creatorul făcea vreo greșeală în secvența de lovituri necesare pentru a-l ciopli dintr-un bloc de cremene, nu încerca s-o repare sau să-l folosească în alt scop. El arunca pur și simplu obiectul greșit și o lua de la capăt, cu un bloc nou.

Această teribilă – pentru noi – sălbăticie este subliniată de faptul că niciun om modern nu a înțeles pe deplin *la ce* foloseau topoarele de piatră. Deși multe au mărimea potrivită pentru a fi ținute confortabil în mână, putând fi folosite drept cioplitoare, unele sunt mult prea mari pentru o asemenea utilizare. În orice caz, de ce au făcut-o? Este foarte ușor să desprinzi dintr-o bucată de cremene o lamă suficient de ascuțită pentru a jupui un cadavru, să zicem, sau a îndepărta carnea de pe oase. Prin urmare, de ce să-ți bați capul să faci ceva atât de complex și de frumos ca un topor de piatră în scopul ăsta? Dacă cineva urmează să arunce cu pietre – sau chiar să folosească o praștie – pentru a doborî prada sau un dușman, de ce să-și mai bată capul să creeze un astfel de topor dacă urmează să fie pur și simplu aruncat?

Noi tindem să credem că produsele tehnologice au un scop, iar acesta ar trebui să fie evident din modul în care sunt executate. „Pentru a vedea un lucru e necesar să-l înțelegi”, scria Jorge Luis Borges în scurta sa povestire de groază *There Are More Things*:

> Fotoliul presupune corpul uman, articulațiile și părțile lui; foarfecele, actul de tăia. Ce să mai spun despre o lampă ori un vehicul? Sălbatecul nu poate să perceapă biblia misionarului; călătorul nu vede același tachelaj ca membrii echipajului. Dacă am vedea cu adevărat universul, l-am înțelege, poate.*[17]

Trufia noastră vine din tendința pe care o avem de a ataşa construcției elaborate a obiectelor exterioare corpului un fel de direcție sau scop conştient ce este în mod distinct şi exclusiv uman. O privire aruncată unui stup de albine, unui furnicar sau unui cuib de pasăre va dovedi imediat că această asociere este falsă.

Pe de altă parte, *Homo erectus* a făcut, uneori, lucruri care ni se par foarte omeneşti – ca, de pildă, să scrijelească linii tăiate pe scoici.[18] În ce scop, nimeni nu ştie. Este de asemenea posibil ca *Homo erectus* să fi stăpânit arta navigației cu pânze sau cu canoea pe mare – o dorință cât se poate de umană. După cum am văzut*, Homo erectus* a fost primul hominian care a învățat să îmblânzească şi să folosească focul.

Orice altceva a fost, a făcut sau a gândit, *Homo erectus* a fost unul dintre răspunsurile evoluției la schimbarea bruscă a climei acum aproximativ două milioane şi jumătate de ani. În loc să se retragă, aşa cum au făcut restul maimuțelor mari, în pădurile a căror suprafață era tot mai mică şi să ducă acolo un soi de viață de parcuri de distracții în memoria unui trecut dispărut,[19] sau să încerce să-şi continue traiul sărăcăcios în savana stearpă, cum a încercat să facă *Paranthropus* şi, în final, a eşuat, *Homo erectus* a început să străbată distanțe mai mari

decât o făcuseră alți hominieni, doar pentru a trăi din ceea ce-i oferea Pământul necruțător.

În cele din urmă, *Homo erectus* a fost primul hominian care a plecat din Africa.

*

Acum aproximativ două milioane de ani, *Homo erectus* se răspândise pe întreg continentul.[20] Dar el n-a lăsat ca iarba savanei să-i crească sub picioare. În urma schimbărilor climatice, pădurile se reduseseră într-o asemenea măsură încât savana se întindea neîntreruptă de-a lungul Africii, Orientului Mijlociu și Asiei Centrale și de Est. Pajiștile nesfârșite gemeau de vânat, iar *Homo erectus* l-a urmat peste tot.

Acum 1,7 milioane de ani, poate chiar mai înainte,[21] ajunsese deja până în China mergând pe urmele turmelor. În urmă cu trei sferturi de milion de ani, *Homo erectus* folosea în mod regulat peșterile din Zhoukoudian, aflate astăzi în suburbiile Beijingului.[22]

Și pe măsură ce s-a răspândit, *Homo erectus* a evoluat.

Homo erectus a fost strămoșul[23] proteic al unei varietăți uriașe de specii ce au evoluat din specia anterioară: comparabil cu giganții și hobbiții, troglodiții și yeti și – în ultimă instanță – cu noi. Tendința către diversitate a început devreme. Un trib de *Homo erectus* care a trăit în Georgia, în Munții Caucaz, în urmă cu aproximativ 1,7 milioane de ani, avea o descendență atât de pestriță încât, din perspectiva noastră modernă, e greu să ne imaginăm că aparțineau toți aceleiași specii.[24]

În urmă cu un milion și jumătate de ani, triburi de *Homo erectus* pătrunseseră în partea insulară a Asiei de Sud-Est. Pentru asta nu au trebuit decât să mărșăluiască. Nivelul mării era atât de scăzut, încât cea mai mare parte a regiunii era formată din uscat. Numeroasele insule pe care le vedem astăzi sunt fragmente pe jumătate înecate ale unui ținut cândva mult mai vast. *Homo erectus* a trăit în Java până acum cel puțin 100 000 de ani[25] – rezistând până la sfârșit în timp ce nivelul mării creștea și jungla îi împresura din nou.

S-ar putea chiar să fi supraviețuit suficient încât să asiste la sosirea în regiune a descendenților lor – oamenii moderni.[26] Dacă s-au întâlnit, întâlnirea se va fi terminat prost pentru ceea ce, în ochii oamenilor moderni, părea a fi o maimuță de pădure mare, dar reticentă, doar una dintre cele câteva specii native din regiune, precum urangutanii și uriașul lor văr *Gigantopithecus*.

*

După ce a ajuns în insulele din Asia de Sud-Est, evoluția lui *Homo erectus* a luat câteva turnuri surprinzătoare. Limitate la insule odată cu creşterea nivelului mării, diversele triburi, despărțite de continent, au evoluat în mod specific.

Unul dintre ele a ajuns în Luzon, în Filipine, unde a vânat rinocerii[27] nativi cam în aceeaşi perioadă în care verii lor de pe continent făceau focul în estul Chinei. Odată izolați, membrii tribului au evoluat în *Homo luzonensis*, o specie de statură mică.[28] Pe lângă faptul că erau mici, erau, în multe privințe, şi primitivi. Odată cu întoarcerea junglei, aceşti hominieni au revenit la viața în copaci. Ei au supraviețuit până în urmă cu cel puțin 50 000 de ani. Când au sosit primii oameni moderni, aceşti descendenți atipici ai unui vânător din savana africană trebuie să-i fi privit dintre crengi pe noii invadatori cu nedumerire şi groază.

*

O soartă la fel de ciudată îi aştepta pe membrii unui alt grup de *Homo erectus* care a ajuns în Flores, o insulă aflată mult la est de Java.

Aceştia au debarcat cu peste un milion de ani în urmă, lucru surprinzător în sine întrucât ei nu ar fi putut să meargă acolo pe jos, aşa cum merseseră strămoşii lor spre alte insule mai apropiate de continent. Chiar şi când nivelul mării era în punctul său cel mai scăzut, Flores era separată de restul lumii prin canale adânci.

E posibil ca ei să fi ajuns acolo în mod accidental, fiind duşi poate de vreo furtună, aruncați pe țărm de un tsunami provocat de un cutremur sau de o erupție vulcanică şi plutind pe vegetație sau alte resturi. În definitiv, această parte a lumii nu este câtuşi de puțin ferită de fenomene extreme şi asemenea accidente explică existența plantelor şi animalelor chiar şi pe cele mai îndepărtate insule.

Fie aşa, fie au ajuns în Flores cu o ambarcațiune, chiar dacă acea ambarcațiune era destinată pescuitului în apropierea țărmului unei alte insule şi a fost împinsă de vânt în larg.

Indiferent de modul cum au ajuns acolo, cu timpul şi ei s-au micşorat ca dimensiune[29] şi au devenit ceea ce cunoaştem sub numele de *Homo floresiensis*. Când au dispărut, în urmă cu vreo 50 000 de ani, cam în acelaşi timp cu verii lor din Filipine,[30] nu aveau mai mult de un metru înălțime, dar la fel ca strămoşii lor, confecționau unelte, chiar dacă la o scară mai mică, pentru a se potrivi unor mâini mai mici.

*

Această miniaturizare nu este ceva neobişnuit; speciilor care sunt izolate pe insule li se întâmplă tot felul de lucruri ciudate. Animalele mai mici devin mai mari, iar animalele mari se micşorează.

Şopârlele monitor din Flores, veri ai dragonului de Komodo, au ajuns la o dimensiune care ar fi fost înspăimântătoare şi pentru un om modern, darămite pentru o persoană înaltă de un metru, oricât ar fi fost de curajoasă. Unii şobolani au ajuns de mărimea unor terieri.[31]

Ca o consecinţă a creşterii şi scăderii frecvente a oceanelor din epoca glaciară, multe insule se puteau lăuda cu propria specie unică de elefant pitic, iar Flores nu a făcut excepţie. Probabil *Homo erectus* a venit în Flores în căutarea elefanţilor mari şi, de-a lungul mileniilor, atât vânatul, cât şi vânătorul au devenit mai mici pe măsură ce s-au adaptat la viaţa de pe insulă.[32]

Chiar şi pentru dimensiunea sa mică, *Homo floresiensis* avea un creier foarte mic. Dar, după cum descoperiseră hominienii din savană când deveniseră carnivori, cu mult timp în urmă, în Africa, ţesutul cerebral este extrem de costisitor de întreţinut. La o specie ameninţată de foamete într-atât încât nanismul ar putea fi favorizat prin selecţie naturală, presiunea asupra creierului de a face mai mult cu mai puţin este şi ea crescută. Un volum cerebral mai mic nu implică neapărat un compromis al inteligenţei: dintre păsări, ciorile şi papagalii sunt faimoşi pentru inteligenţa lor, deşi au creierul cât o nucă. *Homo floresiensis* a creat unelte la fel de sofisticate precum cele confecţionate de *Homo erectus*.

*

Pe Flores, Luzon şi aproape sigur şi în alte locuri, odată izolat, *Homo erectus* a devenit mai mic, transformându-se în ceea ce am putea considera drept pitici sau hobbiţi.

În altă parte, au deveni giganţi.

În Europa Occidentală, specia s-a transformat în *Homo antecessor*, o creatură sălbatică ce bântuia la mare distanţă de savana caldă a strămoşilor săi. Acum aproximativ 800 000 de ani, el a lăsat topoare de piatră şi chiar urme de paşi în estul Angliei – mult mai la nord decât se aventurase vreodată un hominian.[33] Robust, dar ciudat de familiar, *Homo antecessor* semăna mult mai mult cu un om modern decât semănau *Homo erectus* sau chiar neanderthalienii, punctul culminant al vieţii troglodite în era glaciară. Fizionomia noastră are rădăcini adânci, la fel ca genele noastre: la *Homo antecessor* se pot regăsi primele semne de înrudire genetică cu oamenii moderni.[34]

Ceva mai târziu şi în altă parte a Europei, a apărut *Homo heidelbergensis*. Oasele şi uneltele care au ajuns până la noi din teritoriul lor european arată că erau cu adevărat formidabili. Sulițele lor de vânătoare, conservate în Germania, împreună cu unelte de piatră şi rămăşițele măcelărite de cai, datând de acum aproape 400 000 de ani, aduc mai degrabă cu nişte stâlpi de gard.[35] Aceste sulițe – una dintre ele având 2,3 metri lungime şi un diametru de aproape 5 centimetri în punctul său cel mai gros – erau concepute nu pentru împuns, ci pentru a fi aruncate. Ridicarea şi folosirea acestor arme în luptă trebuie să fi presupus multă forță. O tibie din sudul Angliei[36] este similară ca dimensiuni cu cea a unui mascul adult modern, dar e mult mai densă şi mai groasă, indicând un individ excepțional de robust, care cântărea peste 80 de kilograme. La celălalt capăt al Eurasiei, ființe umane comparabile ca mărime doar cu cei mai înalți oameni moderni hălăduiau prin zăpezile din Manciuria. Aceştia erau giganții pe Pământ la vremea aceea.

Descendenții lui *Homo erectus* din Europa şi Asia au evoluat, în mod clar, ca răspuns la condițiile tot mai aspre ale erei glaciare. Alergătorul suplu pe distanțe lungi al savanei africane se transforma în ceva nou şi diferit – o creatură suficient de rezistentă la rigorile nordului.

*

În urmă cu aproximativ 430 000 de ani, un trib s-a stabilit în peşterile din Sierra de Atapuerca,[37] în nordul Spaniei. În multe privințe, păreau umani. Creierele lor aveau cam aceeaşi mărime cu cele ale oamenilor moderni. Dar fețele lor aveau trăsături bine conturate, aspre. Perspectiva lor asupra unei lumi sumbre a fost compensată de o viață interioară tot mai profundă. Fiindcă îşi îngropau morții. Sau măcar nu lăsau cadavrele să zacă neobservate, ca şi cum ar fi fost nişte obiecte oarecare: trupurile erau duse în fundul peşterii şi aruncate într-o groapă adâncă. Aceşti oameni sunt precursorii neanderthalienilor.[38]

Poate chiar mai mult decât *Homo erectus*, neanderthalienii exemplifică felul în care viața evoluează ca răspuns la provocările mediului. Aduşi de spate, perfect adaptați la viața din pustietățile reci, bătute de vânturi ale nordului Europei, ei au trăit acolo netulburați timp de 300 000 de ani. Influența lor asupra mediului a fost minoră, cultura lor schimbând puțin peisajul. Dar având, în medie, un creier mai mare decât al unui om modern, erau gânditori şi profunzi. Şi îşi îngropau morții.

În adâncul peşterilor, departe de frigul, vântul şi lumina slabă a erei glaciare, au căutat numinosul. Într-o peşteră din Franţa, aflată la o adâncime atât de mare sub pământ încât lumina soarelui nu ar fi putut pătrunde niciodată, au construit structuri circulare din stalactite sfărâmate şi oase de urşi.[39] Din ce motiv, nimeni nu ştie. Aceste structuri misterioase au o vechime de 176 000 de ani. Ele sunt cele mai vechi construcţii făcute de un hominian a căror dată se cunoaşte cu precizie.

Neanderthalienii contrastau puternic cu *Homo erectus*, strămoşii lor supli care hălăduiau în voie. Deşi ei şi lucrările lor au fost descoperite din vestul extrem al Europei, trecând prin Orientul Mijlociu, şi până în sudul Siberiei, grupurile individuale de neanderthalieni nu se aventurau prea departe în peisaj. Confruntaţi, la exterior, cu extreme climatice pe care niciun alt hominian nu le mai cunoscuse, făceau scurte ieşiri în afara peşterilor pentru a căuta hrană, dar – la fel ca morlocii lui H.G. Wells – cultivau o viaţă mai luminoasă a minţii sub pământ.

Unele dintre rudele lor însă au pus ochii pe ţinte şi mai înalte.

În urmă cu vreo 300 000 de ani, o ramură a neanderthalienilor din Asia Centrală şi-a ridicat privirea şi a văzut platoul tibetan. Cu excepţia regiunilor polare, pentru oameni, aceasta este probabil cea mai neospitalieră parte a lumii. Aerul este rece, rarefiat şi necruţător. Zăpezile nu se topesc niciodată. Când străluceşte, soarele nu e decât un ochi arzător pe bolta albastră îngheţată. Şi cu toate acestea, un grup de hominieni au simţit că ar putea să trăiască sus, pe Acoperişul Lumii. Şi aşa au făcut. Au urcat. Şi pe măsură ce urcau, au evoluat. S-au transformat în denisovani,[40] amintind de yeti care, potrivit legendei, au locuit platoul mii de ani mai târziu.[41]

*

Homo erectus şi descendenţii săi au cucerit Lumea Veche. S-ar putea chiar ca ei să se fi aventurat şi în cea Nouă.[42] În urmă cu aproximativ 50 000 de ani, pe Pământ trăiau multe specii de oameni. Existau neanderthalieni în Europa şi Asia. Pe atunci, unii dintre descendenţii denisovanilor îşi părăsiseră fortăreţele din munţi şi coborâseră până pe platourile Asiei de Est.[43] Oriunde s-au dus, s-au schimbat pentru a face faţă provocărilor noilor medii, de la peşteri adânci la jungle aproape de nepătruns, insule izolate, câmpii deschise şi munţii cei mai înalţi. *Homo erectus* însuşi continua să trăiască liniştit în Java.

Şi totuşi, toate aceste forme experimentale de viaţă umană aveau să dispară. La sfârşitul erei glaciare, n-a mai rămas decât o singură specie de hominieni. Ca şi *Homo erectus*, ea venea tot din Africa.

---

* Jorge Luis Borges, *Cartea de nisip*, traducere de Cristina Hăulică, Editura Univers, Bucureşti, 1983, pag. 299. *(N.t.)*

11

Sfârşitul preistoriei

În urmă cu vreo 700 000 de ani, episoadele glaciare erau mult mai lungi decât intervalele calde care le separau. Pământul se afla într-o glaciaţiune mai mult sau mai puţin permanentă. Întreruperile erau fierbinţi, violente şi scurte.

Viaţa nu numai că a supravieţuit – a prosperat. Acele părţi ale Eurasiei care nu se luptau cu gheaţa erau acoperite de o stepă verde ce susţinea un număr uriaş de animale. Primăvara şi vara bizonii migrau de-a lungul teritoriului în turme atât de mari, că ar fi durat zile întregi să priveşti trecând milioanele de animale. Acestor turme li se alăturau cai şi cerbi gigantici, cu coarne incredibile; printre ei se vedeau din când în când specii de elefanţi, precum mamuţii şi mastodonţii; turmele erau însoţite de pufăitul şi tropăitul rinocerilor lânoşi. Iernile erau aproape la fel de abundente. Deşi multe dintre animale migrau spre sud, odată cu zăpezile, se iveau şi renii. Toată această carne în mişcare era un magnet pentru carnivore, precum leii, urşii, felinele cu dinţi-sabie, hienele, lupii – şi urmaşii duri şi vânjoşi ai lui *Homo erectus*.

*

Hominienii au răspuns erei glaciare printr-un creier mai mare şi rezerve de grăsime mai abundente.

Acesta a fost, în sine, un lucru remarcabil. După cum am observat, creierul e un organ a cărui funcţionare este foarte costisitoare. Economia naturii cere, de regulă, ca un animal inteligent să-şi facă doar rezerve minime de grăsime, întrucât dacă hrana se reduce, el va şti cum să găsească mai multă înainte să moară de foame. Numai mamiferele mai puţin rezistente au nevoie să-şi facă rezerve mai mari de grăsime. Oamenii sunt însă excepţia.[1] Chiar şi cei mai slabi dintre ei depozitează mai multă grăsime decât până şi cele mai durdulii maimuţe mari. Animalele inteligente care beneficiază de un strat izolator bun au tot ce le trebuie pentru a face faţă frigului nesfârşit al erei glaciare.

Grăsimea mai avea un scop. Diferenţa dintre sexe este în mare măsură o chestiune de depozitare de grăsime. Grăsimea reprezintă, în medie, cam 16 % din greutatea corpului unui mascul uman adult şi 23 % din cea a unei femele. Această diferenţă este semnificativă. Energia

încorporată este o condiţie prealabilă pentru fertilitate şi graviditate, mai ales în vremuri de foamete. Ca atare, mecanica selecţiei a favorizat acele femele cu forme durdulii, rotunjite, ca având cele mai bune perspective de reproducere.[2]

Creierele mari totuşi pot ridica şi probleme. Creiere mari înseamnă capete mari. Din cauza capetelor mari ale bebeluşilor, naşterea este dificilă. Bebeluşii se nasc datorită unei răsuciri la 90 de grade a capului în timp ce trec prin pelvisul mamei şi ies in vagin. Până foarte recent, costul era suportat de mamă, care risca să moară în timpul procesului. Bebeluşii vin pe lume relativ neajutoraţi. Dacă ar aştepta până când ar fi mai dezvoltaţi şi poate mai capabili să facă faţă lumii, s-ar putea să fie prea mari pentru a trece prin canalul de naştere şi să nu se mai nască deloc. Cele nouă luni de graviditate reprezintă un armistiţiu fragil între copil, care trebuie să fie capabil să se descurce singur în lumea exterioară cât mai curând, şi mamă, care, dacă ar aştepta mai mult, ar trebui să joace zaruri tot mai măsluite cu moartea.

Este un compromis care nu face bine nimănui. O specie în care copiii se nasc complet neajutoraţi şi, chiar dacă se nasc cu succes – din mame care se confruntă cu riscul morţii –, au nevoie de mulţi ani pentru a ajunge la maturitate, este una care s-ar putea să dispară foarte rapid. Soluţia a fost o schimbare dramatică, dar la celălalt capăt al vieţii. Acea schimbare a fost menopauza.

*

Menopauza este o altă inovaţie proprie numai oamenilor. În general, orice creatură, mamifer sau altceva, care e prea bătrână pentru a se reproduce, va îmbătrâni şi va muri foarte repede. La oameni însă femelele a căror capacitate de reproducere a încetat la jumătatea vieţii se pot aştepta să se bucure de multe decenii de viaţă utilă – şi, în cele din urmă, să crească mai mulţi copii.

Mărirea creierului şi ulterioara neajutorare a bebeluşilor a fost însoţită de apariţia bunicilor[3]: femei în perioada postmenopauză care erau acolo pentru a-şi ajuta fiicele să-şi crească nepoţii. Logica selecţiei naturale nu spune nimic despre cine creşte de fapt copiii la maturitate – atâta timp cât sunt crescuţi de cineva. Şi aşa se întâmplă ca o femeie care încetează reproducerea pentru a-şi ajuta fiicele să crească nepoţi, va creşte, în medie, un număr mai mare de descendenţi decât dacă ar fi rămas ea însăşi reproductivă şi ar fi intrat în competiţie pentru resurse cu fiicele sale. Cu timpul, aceste grupuri de oameni care s-au putut baza pe femei aflate în perioada postmenopauză să ajute la creşterea copiilor,

vor creşte mai mulţi dintre acei copii până la vârsta la care să se reproducă ei înşişi. Grupurile care nu au ştiut să profite de o asemenea resursă valoroasă au pierit. Compromisul dificil a fost depăşit prin cooperare.

Reproducerea ia energie din toate celelalte procese. În general, există un troc între reproducere şi longevitate. Aşa că, încetând reproducerea la jumătatea vieţii, femeile şi-au *crescut* de fapt randamentul reproductiv – *şi* au trăit mai mult. Mărirea creierului a dus la creşterea speranţei de viaţă la naştere, de la probabil 25 de ani la *Homo erectus*, la 40, la neanderthalieni şi oamenii moderni.

Deşi constrângerile evoluţiei au acţionat în mod diferit asupra masculilor şi femelelor, ei au împărtăşit aceleaşi gene, iar asta a dus de fapt la un război între sexe întrucât presiunea s-a exercitat asupra genelor de către forţe selective ce acţionau în opoziţie – o genă, doi stăpâni. Rezultatul a fost un alt compromis. Dat fiind că femelele trebuiau să fie mai grase pentru a aduce pe lume copii, masculii au devenit şi ei mai graşi, însă nu la fel de mult. Cum femelele au dezvoltat menopauza şi au trăit mai mult, bărbaţii au ajuns şi ei să trăiască mai mult, însă nu la fel de mult.[4] Rezultatul a fost introducerea unui nou strat în societatea hominiană – Bătrânii de ambele sexe. Înainte de inventarea scrisului, Bătrânii au ajuns să fie preţuiţi ca depozitari ai cunoaşterii, înţelepciunii, istoriei şi poveştilor.

Pentru prima oară în evoluţie au existat specii în cadrul cărora cunoaşterea putea fi transmisă mai multor generaţii în acelaşi timp. Multe animale sunt capabile de învăţare. Balenele îşi învaţă cântecele de la alte balene; păsările îşi învaţă cântecele de la alte păsări; căţeluşii, regulile jocului de la alţi căţeluşi; bebeluşii învaţă limbajul prin imitarea inconştientă a oamenilor din jurul lor. Fiinţele umane sunt unice, din câte se ştie, prin aceea că sunt singurele animale care nu numai că învaţă de la alţii, ci şi dau mai departe lecţiile învăţate.[5] Bătrânii au făcut posibil acest lucru. În timp ce membrii mai tineri ai unui trib aveau grijă de bebeluşi sau erau la vânătoare, Bătrânii, care nu mai erau la fel de productivi, îşi transmiteau cunoştinţele acumulate noilor generaţii – de copii care, cu copilăria lor lungă (un rezultat al relativei lor imaturităţi la naştere), aveau timp berechet să şi le însuşească. Informaţiile abstracte au devenit o monedă forte pentru supravieţuire, la fel de importantă precum caloriile. Consecinţele aveau să fie explozive. Şi totul a început în timpul erei glaciare când, pentru prima dată, pentru o primată a fost un avantaj atât să stocheze grăsime, cât şi să aibă un creier mai mare.

*

Frigul tot mai pătrunzător al Eurasiei era egalat de ariditatea Africii. Savana ofilită s-a transformat într-un deşert uscat, punctat de ochiuri de apă la fel de evanescente ca mirajele. Supraviețuirea era o luptă permanentă. Depozitul suplimentar de grăsime a fost şi aici un avantaj, la fel cum era în zonele mai apropiate de straturile de gheață. Oamenii s-au adaptat dezvoltând un metabolism bazat pe creştere şi scădere – ei puteau să funcționeze multe zile fără hrană, dar când vânau ceva, se ghiftuiau până li se făcea rău, până când efectiv nu mai puteau să deschidă gura sau chiar să se mişte – făcând tot posibilul pentru a absorbi cât mai multe substanțe nutritive de care aveau nevoie ca să supraviețuiască până la următoarea masă, oricând va fi fost ea. Oamenii mâncau cu poftă, ca şi cum orice masă ar fi putut fi ultima.[6]

În ciuda amenințării constante cu extincția – şi poate chiar din cauza ei – moştenitorii lui *Homo erectus* s-au diversificat în Africa, aşa cum făcuseră şi în alte părți.[7] Apoi, cu ceva mai mult de 300 000 de ani în urmă – tocmai când primii neanderthalieni se adaptau la frigul aspru al Europei – în Africa a apărut un hominian nou. Aceştia erau puțini, variați şi dispersați, dar s-au răspândit pe tot continentul.[8] O întâlnire cu aceşti indivizi ar fi echivalat cu a ne privi în față. Ei au fost primii din specia noastră, *Homo sapiens*.

Totuşi, dincolo de înfățişarea lor, aceste noi creaturi nu erau chiar atât de umane pe cât păreau la prima vedere. La început, *Homo sapien*s era un soi de ingredient brut şi a fost nevoie de peste un sfert de milion de ani de eşecuri pentru ca oamenii moderni să-şi crească rezistența. În proporție de 98 %, povestea existenței lui *Homo sapien*s în acea perioadă a fost o tragedie sfâşietoare – asta dacă participanții ar fi supraviețuit ca s-o spună. Însă aproape toți au pierit, iar specia a dispărut aproape complet.

Totuşi, în periplul său, fondul lui genetic a primit o infuzie de ADN de la alți hominieni, atât în Africa, precum şi în afara ei. *Homo sapiens* este o specie cu mulți părinți, fiecare adăugând propria-i aromă specială la un amestec care, în cele din urmă, a fost unul reuşit – contrar tuturor aşteptărilor.

*

Chiar de la început, *Homo sapiens* s-a răspândit în afara ținuturilor sale de baştină din inima Africii, făcând incursiuni în sudul Europei, cu vreo 200 000 de ani în urmă, şi în Levant, cu aproximativ 100 000–180

000 de ani în urmă.[9] Însă aceste deplasări au lăsat puține urme, asemenea unui strop de apă pe nisipul deşertului. *Homo sapiens* era încă o specie tropicală, un vizitator vremelnic. Dacă în Africa vorbim de condiții aspre, cele din Eurasia erau şi mai aspre. Şi dacă *Homo sapiens* ar fi dăinuit, ar fi descoperit că drumul era închis: blocat de neanderthalienii care, în perioada lor de prosperitate, erau mult mai cultivați şi, obişnuiți cu frigul îndelungat al Europei, îşi puteau permite să joace un meci lung. Aceştia i-ar fi considerat pe oameni, dacă i-ar fi observat, nişte vizitatori ocazionali, ca un uşor îngheț înaintea zorilor într-o zi de vară.

*

Lucrurile nu stăteau mai bine pentru noua specie nici în teritoriul ei african. Ba chiar, pe măsură ce erele glaciare se scurgeau încet, condițiile s-au înrăutățit tot mai mult. Cetele de *Homo sapiens*, niciodată foarte comune din start, au început să se răărească treptat, mai întâi într-un loc, apoi în altul, fie murind, fie încrucişându-se cu alte varietăți de hominieni, înainte ca aceşti hibrizi să piară şi ei. A venit momentul când *Homo sapiens* aproape dispăruse la nord de Zambezi. În cele din urmă, *Homo sapiens* s-a închis într-o oază din marginea de nord-vest a actualului deşert Kalahari, imediat la est de Delta fluviului Okavango.

La începutul erei glaciare, regiunea fusese luxuriantă. Zona era udată de Lacul Makgadikgadi care, la apogeul său, era de mărimea Elveției. Pe măsură ce Africa a continuat să devină tot mai uscată, lacul s-a fragmentat într-o zonă de lacuri mai mici, cursuri de apă, mlaştini şi păduri în care cutreierau girafe şi zebre.

Ultimele grupuri epuizate de *Homo sapiens* şi-au găsit refugiul printre iazurile şi stufărişurile din zona umedă Makgadikgadi acum vreo 200 000 de ani, la fel cum, peste milenii, ultima redută a regelui Alfred a fost în mlaştinile Athelney – unde şi-a regrupat armata, a căutat alinare, s-a fript de câteva ori şi a ieşit din nou la lumină pentru a-i înfrânge pe danezi şi a recuceri regatul de Wessex. Dacă Anglia a început la Athelney, rădăcinile omenirii însăşi ar putea foarte bine să se găsească în mlaştinile Makgadikgadi. Dacă a existat vreodată o Grădină a Edenului pe undeva, acolo a fost.[10]

Precum rățuşca cea urâtă, *Homo sapiens* s-a ascuns în mlaştinile Makgadikgadi vreme de 700 000 de ani. Dar când a apărut în cele din urmă, devenise lebădă.

*

Timp de zeci de mii de ani, zona umedă Makgadikgadi a fost o oază înconjurată de un teren din ce în ce mai neospitalier – deşert uscat şi întinderi de sare. Odată stabilit acolo, lui *Homo sapiens* nu i-a mai fost deloc uşor să plece. Apoi, cu aproximativ 130 000 de ani în urmă, Soarele a început să lumineze Pământul mai puternic decât înainte. Mecanismul cosmic al excentricităţii, înclinaţiei axiale şi precesiei reuşise să producă un interval de climă ceva mai caldă decât cunoscuse planeta timp de multe milenii.

În Europa, gheţarii impozanţi au fost înlocuiţi – deşi pentru o scurtă perioadă – de condiţii cvasi-tropicale. Aceasta a fost epoca în care, în Britania, leii se hârjoneau în Trafalgar Square, elefanţii păşteau la Cambridge şi hipopotamii se tăvăleau în noroi acolo unde astăzi se află oraşul Sunderland. La fel ca în Britania, asta s-a întâmplat şi în Africa – şi anume clima s-a îmblânzit. Ultimele generaţii de *Homo sapiens* au descoperit că deşertul care înconjura Makgadikgadi devenise o mare de iarbă.

S-au strămutat, urmărind vânatul – şi exact la timp, fiindcă, la scurtă vreme după aceea, Makgadikgadi a secat complet. Astăzi este un deşert sărat care nu susţine nicio vietate mai complexă decât crustele de cianobacterii, o întoarcere la începuturile vieţii pe Pământ.

*

Cetele de *Homo sapiens* au urmărit vânatul spre sud până când au ajuns pe coastă, în cel mai sudic punct al Africii. Acolo au dezvoltat un mod de viaţă complet nou, bazat pe abundenţa de proteine din mare. Pentru nişte oameni obişnuiţi să se bazeze pe rădăcini tari, fructe neaşteptate şi vânat temător, oceanul a însemnat un festin inimaginabil: crustacee, pline de proteine şi nutrienţi esenţiali, şi absolut incapabile să fugă, alge gustoase şi sărate, şi peşte mult mai uşor de prins decât gazelele sau antilopele impala.

Răsuflând parcă uşuraţi după îndelungata lor istorie plină de greutăţi, aceşti primi culegători ai plajelor au devenit mult mai sedentari şi au început să facă lucruri pe care oamenii nu le mai făcuseră vreodată. Sărbătorind, ei s-au împodobit reciproc cu coliere din mărgele de scoici. S-au pictat cu cărbune şi ocru roşu.[11] Şi-au gravat semnele sub forma unor modele haşurate pe coji de ouă de struţ şi le-au pictat cu ocru pe stânci.[12] În mod cert neanderthalienii, ba chiar şi *Homo erectus*, au folosit uneori scoici şi le-au scrijelit, dar aceşti oamenii se implicau în astfel de activităţi cu o intensitate şi dăruire diferite.

Inițial, asemenea tehnologii par să fi apărut şi dispărut precum mirajele, ca şi cum oamenii îşi pierdeau din când în când talentul sau înclinația. Însă folosirea tehnologiei s-a aprofundat şi a devenit mai comună pe măsură ce populația a crescut şi tradițiile ei s-au cimentat. Aceşti locuitori ai plajelor au început totodată să folosească piatra într-un mod nou. În loc să cioplească pietre pentru a face artefacte care se potriveau în pumn, ei au creat piese mult mai mici, lucrate cu grijă şi călite în foc, ce puteau fi ataşate unor săgeți, de exemplu. Au inventat arme ce lansau proiectile. Arme care puteau ucide vânatul de la distanță, cu un risc relativ mic pentru atacator.[13]

Alți exilați din Eden au pornit în direcția opusă, către nord. Rubiconul lor a fost Zambezi. Odată ajunşi în Africa de Est, li s-au alăturat migratori din sudul extrem al Africii care le-au prezentat tehnologiile lor avansate – cosmeticele, şiragurile de scoici şi, cel mai important, arcurile şi săgețile. Rezultatul a fost exploziv. Populația de *Homo sapiens* din Africa de Est a crescut de la câteva mici cete la ceva asemănător unei populații care avea o şansă la mai mult decât o existență efemeră.[14] Cu vreo 110 000 de ani în urmă, ei se răspândiseră încă o dată în toată Africa şi ieşeau iarăşi din ținuturile de baştină.

Şi, de data asta, aveau să rămână acolo.

*

A venit ca o minge de foc în toiul nopții. Cu aproximativ 74 000 de ani de ani în urmă, erupția unui vulcan numit Toba din insula Sumatra a provocat un eveniment catastrofal, comparabil cu ceea ce se petrecuse pe Pământ timp de milioane de ani.[15] Ea a pus subit capăt perioadei relativ calde, care deja pierdea din intensitate. Rămăşițele au căzut peste întreaga regiune a Oceanului Indian, ajungând până pe coastele Africii de Sud.[16] Sute de kilometri cubi de cenuşă s-au ridicat în atmosferă, cufundând brusc lumea într-o epocă glaciară.

Într-o epocă anterioară, dezastrul ar fi putut şterge complet de pe fața Pământului omenirea care tocmai apărea. De această dată, *Homo sapiens* pare să nu fi fost prea afectat. Până atunci specia noastră se răspândise din Africa în jurul bazinului Oceanului Indian. Oamenii care creau unelte de cremene erau prezenți în India,[17] ajunseseră până în Sumatra însăşi[18] – epicentrul exploziei – şi atinseseră sudul Chinei.

*

Când exilații din Makgadikgadi şi-au părăsit oaza, primul lucru pe care l-au făcut a fost să se îndrepte spre plaje. Mai târziu, când oamenii au plecat din Africa, au făcut-o, inițial, urmând linia țărmului, traversând sudul Arabiei şi al Indiei şi pătrunzând în Asia de Sud-Est. În plus, au călătorit şi în interiorul continentului, urmând cursul râurilor, şi în savană, atunci când climatul a permis.

Nu trebuie să vedem evenimentul ca pe un exod biblic, ci mai degrabă ca pe o serie de evenimente care, mici în sine, s-au combinat pentru a crea doar ceea ce pare a fi un model predeterminat. Ce n-au făcut oamenii a fost să privească la orizont şi, într-un acces de prolepsă istorică, să ia de bun un destin manifest. În general, ființele umane au trăit cam toată viața în același loc. Presiunea populației a sugerat că unii oameni s-ar putea muta, să zicem, dincolo de următorul promontoriu. Capriciile vremii ar fi impus numeroase schimbări de direcție. Indivizi din triburi diferite, dar învecinate, legați prin tot felul de relații, se întâlneau la sărbători pentru a cânta, a dansa, a sta la poveşti şi a-şi alege partenerii. Ca la toate primatele, o femelă, odată ce-şi găsea perechea, se muta din țara strămoşilor săi şi se instala împreună cu familia partenerului într-un loc îndepărtat – peste râu, poate, sau dincolo de dealul din față.[19]

Migrația nu a fost, aşadar, un eveniment unic, ci o serie de evenimente mici. S-a dovedit, totuşi, a avea o formă generală. Ea a emis unde, alături de schimbările climatice regulate forțate de ciclurile orbitale ale Pământului; în particular, ciclul de 21 000 de ani al precesiei.[20] Migratorii şi-au urmat stelele călăuzitoare – dar acestea vor fi fost stele diferite, în momente diferite.

Specia umană pare să fi avut un dor de ducă mai pronunțat în urmă cu 94 000–106 000 de ani, când s-a răspândit în tot sudul, pe atunci ospitalier, al Arabiei şi în India; în urmă cu 73 000–89 000 de ani, când a ajuns în insulele din Asia de Sud-Est; în urmă cu 47 000–59 000 de ani – o perioadă de migrație deosebit de activă, când oamenii au traversat Arabia şi au pătruns în Asia, ajungând până în Australia;[21] şi, în final, între acum 29 000 de ani şi 45 000 de ani, când au avut loc ocuparea întregii Eurasii, inclusiv la latitudini înalte, şi primii paşi în Americi – şi totodată o oarecare migrație de întoarcere în Africa.

Asta nu înseamnă că, în afara acestor intervale, oamenii nu s-au deplasat – acestea au fost vremurile în care migrația a fost favorizată de clima permisivă. Au existat momente când populațiile umane care se răspândeau au fost divizate. De exemplu, în perioada rece şi uscată ce a urmat erupției vulcanului Toba, oamenii din Africa au fost izolați de

populația din sudul Asiei şi nu aveau să se mai întâlnească decât peste 10 000 de ani.

În drumul lor, migratorii au întâlnit alți hominieni. Întâlnirile au fost rare şi rezultatul lor, variabil. Uneori, sesizând diferențele, triburile se luptau. Alteori, se salutau ca nişte veri de departe, dându-şi seama că, la urma urmei, nu erau atât de diferiți cum păreau la prima vedere. S-au apropiat spunând poveşti şi schimbând parteneri. Oamenii moderni au întâlnit neanderthalieni în Levant şi s-au încrucişat cu ei. Ca urmare, toți oamenii moderni cu strămoşi care nu sunt exclusiv africani au şi ADN neanderthalian.[22] În Asia de Sud-Est, migratorii au adăugat la fondul genetic uman gene ce proveneau de la denisovani – descendenții locuitorilor din munți, de multă vreme aclimatizați la şesuri. Gene denisovane se întâlnesc astăzi la locuitori ai insulelor din Asia de Sud-Est şi din cealaltă parte a Pacificului, foarte departe de munții înalți unde îşi aveau originea. Dar printr-o curioasă întorsătură a destinului, genele ce permit tibetanilor să trăiască fără probleme în aerul rarefiat de pe Acoperişul Lumii au fost un cadou de despărțire din partea acelor oameni ai Zăpezilor Eterne,[23] care au dispărut ca specie distinctă acum 30 000 de ani – absorbiți complet de valul mai mare de *Homo sapiens*.

*

Cu aproximativ 45 000 de ani în urmă, oamenii moderni au pătruns în cele din urmă în Europa pe câteva fronturi, din Bulgaria, în est, până în Spania şi Italia, în vest.[24] Neanderthalienii, dominanți în Europa de un sfert de milion de ani, respinseseră toate incursiunile anterioare ale *Homo sapiens*. De această dată însă ei au intrat într-un declin puternic şi, acum aproximativ 40 000 de ani, acest prototip suprem al erei glaciare aproape că dispăruse.[25]

Motivele dispariției lor au făcut obiectul multor dezbateri. Poate că s-au luptat cu oamenii moderni; în mod cert s-au încrucişat cu ei.[26] E posibil să fi pierit fără prea multă luptă cu o specie care s-a reprodus ceva mai repede şi, probabil, s-a răspândit mai departe de teritoriul său de baştină.[27] În final, erau atât de mulți oameni moderni în Europa încât neanderthalienii rămaşi, ascunşi în ultimele lor redute îndepărtate – din sudul Spaniei[28] până în Rusia Arctică[29] – au fost prea puțini şi foarte risipiți pentru a mai putea găsi parteneri din specia lor.[30]

Populațiile de neanderthalieni fuseseră mereu mici. Pe măsură ce s-au împuținat şi mai mult, efectele consangvinizării şi accidentele au făcut ravagii. În orice societate umană vine un moment când ea este

prea mică pentru a fi viabilă. Nu există nimic care să conducă o populație la extincție la fel de sigur ca lipsa de oameni.[31] Până la urmă, a fost mai simplu să te încrucișezi cu invadatorii. ADN-ul dintr-un maxilar uman vechi de 40 000 de ani descoperit într-o peșteră din România arată că proprietarul său avusese un străbunic neanderthalian.[32]

*

Din Europa Răsăriteană, oamenii moderni au urmat cursul Dunării unde, la izvoarele ei, există dovezi ale unei culturi înfloritoare.[33] Ei au creat sculpturi înfățișând animale, oameni, oameni cu capete de animal și chiar basoreliefuri cu rațe pe care le puteau expune pe pereții peșterilor suburbane.[34] Au făcut, iar și iar, statuete de femei obeze, gravide și cu sâni uriași – mărturii tulburătoare ale importanței abundenței și fertilității într-o societate amenințată în permanență de foamete. Ele au fost invocații adresate unei puteri mai înalte.

Reprezentări ale unor animale au apărut, mai mult sau mai puțin simultan, pe pereții peșterilor situate la ambele capete ale Eurasiei. Picturile rupestre, pe drept cuvânt celebre, din Franța și Spania au fost însoțite de exemple similare din Sulawesi și Borneo, în Indonezia.[35] Acestea aveau și ele un conținut ritualic. Arta rupestră tinde să apară în spații cu acustică puternică. E posibil ca imaginile să fi fost doar o componentă a ritualurilor care, în plus, includeau muzica și dansul.[36]

Când ajungeau la maturitate, ființele umane erau chemate de un șaman în aceste spații ritualice pentru a fi inițiate în trib. Ca parte a ceremoniei, individul era pictat cu ocru sau cu funingine și i se spunea să-și lase amprenta mânii pe peretele peșterii: ca și cum semnau în cartea vieții. Pentru a spune „Sunt Aici”.

După patru miliarde și jumătate de ani de tumult absurd, Pământul zămislise o specie care devenise conștientă de sine. Și, s-a întrebat, oare ce să facă mai departe?

12

Trecutul viitorului

Toate speciile fericite, înfloritoare sunt la fel. Fiecare specie care se confruntă cu extincția o face în felul ei.[1]

*

Ca o consecință a schimbării climatice, pădurile sunt reduse la mici crânguri, fiecare izolat de celelalte în mijlocul unui ocean de iarbă unde cândva erau copaci.

Pe măsură ce calotele glaciare se topesc, scufundarea pământului lasă insule izolate acolo unde cândva erau vârfurile munților.

Ce se întâmplă cu formele de viață care se agață de rămășițele a ceea ce, pentru ele, fuseseră lumi mult mai mari?

*

Unele grupuri profită de această izolare pentru a evolua în forme noi şi ciudate. Ne putem gândi, de exemplu, la *Homo floresiensis* şi la elefanții pitici pe care îi vâna. Însă multe alte populații izolate se vor trezi că sunt mult prea mici pentru a fi viabile. S-ar putea să nu existe suficientă hrană sau apă pentru a supraviețui. Indivizii nu vor reuşi să-şi găsească parteneri sau, dacă o fac, aceştia s-ar putea să fie rude apropiate, iar populația va sucomba din cauza consangvinizării.[2] Alții nu vor reuşi pur şi simplu să se adapteze, încercând să trăiască potrivit vechilor obiceiuri în împrejurări care s-au schimbat foarte mult.[3] Unul câte unul, indivizii mor din cauza predispoziției genetice, de bătrânețe sau accidental, lăsând tot mai puțini urmaşi, până când nu mai rămâne niciunul. Populația dispare.

În final, când toate celelalte populații ale speciei au pierit, fiecare confruntată cu propriile greutăți în micile părți de habitat cândva extins în care este blocată, ultima populație supraviețuitoare prezintă un risc crescut de a sucomba din cauza unui dezastru foarte specific, foarte local. Acesta ar putea fi aproape orice, şi foarte departe de marele apocalips provocat de impactului asteroizilor sau erupția câmpurilor magmatice. Ar putea fi o alunecare de teren care distruge singura sa

sursă de hrană sau ceva la fel de prozaic ca distrugerea cu buldozerul a ultimului său refugiu pentru a face loc unui proiect de construcție.

Alte specii pot părea prolifice, neavând niciun motiv să se teamă că dispariția lor este iminentă. Însă o cercetare mai atentă poate scoate la iveală că ele sunt de multă vreme pe minus în cartea vieții, sortite să dispară, de parcă ar fi secerate la apogeu. Deşi pot fi prolifice în habitatul cu care s-au obişnuit, îndepărtarea – chiar şi moderată – de habitat le poate garanta pieirea. Ele trăiesc, fără exagerare, doar datorită unui miracol. De exemplu, dispariția fluturilor şi moliilor de pe pajişti este mai bine explicată de îndepărtarea de habitatul lor cu multe decenii în urmă decât de pierderea habitatului actual.[4] Aceste specii au contractat ceea ce se numeşte o „datorie de extincție”.[5]

Totuşi, dintr-un motiv sau altul, alte specii îşi vor reduce rata de reproducere, iar rata mortalității va depăşi rata înlocuirii.

Homo sapiens a jucat un rol hotărâtor pentru crearea condițiilor în care au dispărut multe specii. În mod similar, *Homo sapiens* ar putea fi el însuşi vulnerabil la una sau mai multe dintre aceste ameninţări.

*

Extincțiile pe scară largă din trecutul îndepărtat sunt atât de haotice încât cu greu putem identifica poveşti individuale din zgomotul şi vălmăşagul dezastrului.

Cauza ultimă a extincției în masă de la sfârşitul Permianului, de pildă, a fost erupția unor vulcani din Siberia, care au emanat în atmosferă gaze ce au dus la creşterea bruscă a temperaturii din pricina efectului de seră şi au otrăvit aerul şi oceanele. Dar oricât de dezastruos a fost evenimentul şi oricât de mult au suferit vieţuitoarele ca grup, fiecare animal sau plantă, fiecare polip de coral şi fiecare pelicozaur a murit în felul său. Prin urmare, asemenea extincții în masă reprezintă suma multor morți individuale premature, fiecare cu propria-i tragedie distinctă.

Sfârşitul Pleistocenului, în urmă cu aproximativ 10 000 de ani, a fost marcat de dispariția cvasitotală din Eurasia, America şi Australia a animalelor ce depăşeau talia unui câine mare. Cauza ultimă a extincției ar fi putut fi răspândirea omenirii rapace. Sau ar fi putut fi o schimbare dramatică a climei, de genul celei întâlnite deseori în Pleistocen. Cel mai probabil, a fost o combinație a celor două.

Cu toate acestea, extincțiile de la sfârşitul Pleistocenului sunt mai aproape în timp de noi decât catastrofa de la sfârşitul Permianului.

Vestigiile acestui eveniment sunt mai proaspete şi pot fi observate mai amănunţit. Destinele speciilor individuale pot fi urmărite.[6]

De exemplu, arealele a două specii emblematice ale erei glaciare – cerbul gigant (cunoscut îndeobşte sub numele de „elanul irlandez") şi mamutul lânos – s-au redus dramatic în doar câteva mii de ani. Declinul accentuat a coincis cu schimbări bruşte ale climatului şi vegetaţiei de care depindeau.[7] Iar vânătoarea nu a făcut decât să grăbească un sfârşit care, oricum, ar fi avut loc mai devreme sau mai târziu. Or fi dispărut ei, cerbii gigantici şi mamuţii, însă fosilele lor sunt numeroase şi pot fi datate cu acurateţe, altfel că declinul şi prăbuşirea acestora pot fi cartografiate foarte detaliat. Dacă extincţia s-ar fi produs la sfârşitul Permianului, poate că n-am fi putut spune decât că au dispărut şi atâta tot.

Extincţiile mai recente pot fi datate foarte precis. Ultimul bou sălbatic sau bour (*Bos primigenius*) a fost împuşcat în Polonia în 1627. Având în vedere cât de răspândite erau armele, aceasta a fost o extincţie inevitabilă. Astfel că ea a reprezentat extincţia la nivelul său cel mai tranşant, mai particular şi mai tulburător: glonţul unic care a răpus acel bou unic a marcat sfârşitul ultimului exemplar dintr-o specie care cândva era răspândită în toată Europa. Pe de altă parte, rinocerul alb nordic (*Ceratotherium simum cottoni*) este, la ora la care scriu, încă în viaţă. Se fac eforturi imense pentru a ne asigura că exemplarele rămase nu devin istorie din cauza glonţului unui trăgător de elită. Cu toate acestea, întrucât populaţia constă din doar două exemplare, amândouă femele, nu este decât o chestiune de timp – şi unul scurt până să se întâmple asta.

Cazurile bourului şi al rinocerului sunt totuşi diferite. Bourul aparţinea uneia dintre puţine ramuri ale arborelui genetic al mamiferelor – familia bovidelor, care include capre, oi şi o mulţime de specii de antilope – care este încă prosperă. De n-ar fi fost oamenii, bourii ar fi fost încă în viaţă. Rinocerul, în schimb, a avut perioada sa de glorie în Oligocen, când rinocerii şi alte imparicopitate au fost foarte diverse, dar de atunci încoace au intrat într-un declin pe termen lung, fiind surclasate mai ales de paricopitate, precum bovidele, din care făcea parte şi bourul. Omenirea doar a grăbit un sfârşit ce fusese scris cu mult înainte ca oamenii să fi evoluat.

*

În prezent, lumea se află de 2,5 milioane de ani într-o serie de ere glaciare care vor dura zeci de milioane de ani. Deja gheaţa a crescut şi

descrescut de peste 20 de ori, ducând la perturbări climatice de o amploare nemaivăzută din Eocen. Şi acesta e doar începutul. Cu fiecare avansare a gheții, cu fiecare retragere, jocul se schimbă. Unele specii vor muri. Altele vor înflori. Cele care înfloresc într-un ciclu s-ar putea să dispară în următorul.[8] Şi vor mai fi aproape 100 de cicluri glaciare-interglaciare înainte ca seria de ere glaciare în curs să se încheie.

Homo sapiens a cules roadele ciclului actual. Specia a devenit conştientă de sine pe măsură ce intervalul precedent de căldură, din urmă cu vreo 125 000 de ani, s-a transformat într-o fază rece prelungită. Ea a profitat de nivelul scăzut al mării pentru a migra, sărind de pe o insulă, altfel izolată, pe alta.

La momentul când avansarea gheții ajunsese la apogeu, în urmă cu aproximativ 26 000 de ani, omenirea se instalase cu arme şi bagaje în toată Lumea Veche, ba chiar traversase în cea Nouă.[9] Numai ţărmurile Madagascarului, Noii Zeelande, ale insulelor îndepărtate din Oceanul Pacific şi Antarcticii rămăseseră necălcate de om – dar şi ele aveau să fie cu timpul.[10] Pe parcursul acestei avansări, toate celelalte specii de hominieni au dispărut. *Homo sapiens* este ultima. Singura care a mai rămas.

*

În aproape întreaga lor istorie, oamenii au fost vânători şi culegători şi, la fel ca toți căutătorii inteligenți, cunoşteau cele mai bune zone de vânat şi cules. Nu mult după avansarea maximă a gheții, vizitarea repetată a aceloraşi locuri în căutare de plante utile a stimulat selecția naturală pentru a produce fructele şi semințele cele mai atrăgătoare pentru vizitatori. Brutarii au început să macine semințele de grâu şi de orz sălbatic, transformându-le în făină şi au copt pâine cu cel puțin 23 000 de ani în urmă.[11] Agricultura a început în zone diferite ale lumii, mai mult sau mai puțin simultan, la sfârşitul Pleistocenului, acum 10 000 de ani.[12]

De atunci încoace, creşterea populației umane a fost dramatică. În momentul de față, doar această specie consumă un sfert din toate produsele fotosintezei plantelor de pe Pământ.[13] În mod inevitabil, o asemenea alocare înseamnă mai puține resurse pentru milioanele de alte specii, unele dintre ele dispărând ca urmare a acestui fapt.

Totuşi, în cea mai mare parte, creşterea s-a petrecut foarte recent. Creşterea exponențială a populației umane este o chestiune de memorie vie. Populația s-a dublat pe durata vieții mele,[14] s-a mărit de patru ori de

când s-au născut bunicii mei. În contextul timpului geologic, creşterea bruscă a numărului de oameni are o semnificaţie neglijabilă.

*

Cel mai mare impact al umanităţii asupra planetei a fost resimţit odată cu Revoluţia industrială, care a început cu aproximativ 300 de ani în urmă, când *Homo sapiens* a valorificat puterea cărbunelui la scară industrială.

Cărbunele este format din rămăşiţele bogate în energie ale pădurilor din Carbonifer. Ceva mai târziu, omenirea a învăţat cum să găsească şi să extragă petrol, un amestec energetic dens de hidrocarburi lichide, creat prin transformarea lentă a fosilelor de plancton pe măsură ce sunt presate şi încălzite lent de rocile acumulate deasupra lor. Chiar mai mult decât agricultura, arderea acestor combustibili fosili a fost un imbold pentru creşterea populaţiei umane – însă doar în ultimele generaţii.

Bioxidul de carbon este un produs secundar al arderii combustibililor fosili, alături de alte gaze, precum bioxidul de sulf şi oxizii de azot. Procesarea petrolului a dus la emisia unor poluanţi exotici diverşi, de la plumb până la plastic. Rezultatele au inclus o creştere bruscă a temperaturii; extincţii masive ale animalelor şi plantelor; acidificarea oceanelor în detrimentul recifelor de corali şi aşa mai departe. Efectul global a fost destul de similar cu ceea ce s-ar fi putut întâmpla dacă o coloană de magmă îşi croia drum la suprafaţă prin sedimentele organice.

Spre deosebire de erupţiile care au pus capăt Permianului într-un mod atât de agonizant, actuala perturbare indusă de om va fi extrem de scurtă. Deja se iau măsuri pentru reducerea emisiilor de bioxid de carbon şi găsirea altor surse de energie în afară de combustibilii fosili. Vârful nivelului de carbon provocat de om va fi înalt, dar foarte îngust – poate prea îngust pentru a fi detectabil pe termen foarte lung.

Oamenii există în număr mare de atât de puţin timp, încât peste 250 de milioane de ani, să zicem, nu se vor mai fi păstrat decât rămăşitele câtorva, eventual. Doar dotaţi cu echipament ultrasensibil, viitorii prospectori ar putea – doar *ar putea* – fi capabili să detecteze urme slabe de izotopi neobişnuiţi pentru a spune că, nu demult prin Era Glaciară Cenozoică, *s-a întâmplat ceva*, dar e posibil să nu fie capabili să spună exact ce.

În următoarele câteva mii de ani, *Homo sapiens* va fi dispărut. Cauza va fi, în parte, plata unei datorii de extincţie de mult restante. Habitatul

ocupat de omenire nu este altceva decât întregul Pământ, iar fiinţele umane l-au făcut din ce în ce mai nelocuibil.

Însă principalul motiv va fi un eşec al înlocuirii populaţiei. E posibil ca populaţia umană să atingă maximumul în acest secol, după care va intra în declin. În anul 2100, ea va fi mai mică decât este astăzi.[15] Deşi oamenii vor face multe pentru a repara daunele provocate Pământului prin activităţile lor, ei vor mai supravieţui doar câteva mii sau zeci de mii de ani.

Genetic vorbind, fiinţele umane sunt deja remarcabil de omogene în comparaţie cu rudele noastre cele mai apropiate dintre maimuţele mari. Acesta este semnul unuia sau mai multor blocaje anterioare în istoria umanităţii, urmate de o expansiune rapidă – o moştenire a cvasi-extincţiei umanităţii de câteva ori în trecutul îndepărtat.[16] Extincţia va fi rezultatul unei combinaţii de variaţie genetică insuficientă cauzată de nişte evenimente din preistorie, viitoare extincţie pricinuită de pierderea actuală de habitat, eşec reproductiv provocat de schimbările în comportamentul uman şi în mediu şi probleme mai specifice cu care s-au confruntat grupuri mici care se trezesc separate de altele de acelaşi tip.

*

Gheţarii vor continua, totuşi, să se fărâmiţeze şi să se retragă, să înainteze şi să se retragă, de multe ori. Injecţia de bioxid de carbon indusă de om va amâna data următoarei înaintări glaciare, dar când va veni, aceasta va fi şi mai bruscă. Prăbuşirea aisbergurilor în oceane, mai ales în Atlanticul de Nord, ca urmare a schimbărilor climatice, va adăuga atât de multă apă dulce în ocean încât Curentul Golfului se va bloca, iar Europa şi America de Nord vor fi aruncate într-o glaciaţiune completă în mai puţin de o viaţă de om. Însă nicio fiinţă umană nu va mai fi acolo pentru a simţi frigul.

Oamenii vor muri cândva înainte ca tot bioxidul de carbon generat de frenetica lor activitate să se disipeze. Efectul de seră rezidual va îndepărta o vreme frigul acestei perioade reci, doar pentru ca acesta să revină în trombă, primul dintr-o succesiune rapidă de episoade glaciare şi perioade mai calde bruşte, până când, în final, excesul de bioxid de carbon va fi absorbit şi Marea Eră Glaciară Cenozoică va putea continua fără alte întreruperi.[17]

*

În aproximativ 30 de milioane de ani, Antarctica se va fi îndepărtat atât de mult către nord, încât apele calde, ecuatoriale vor şterge şi ultimele rămăşiţe de calotă glaciară. Care va fi fost costul, în vieţi, al acestei lungi perioade reci?

Toate mamiferele terestre mai mari decât un bursuc vor dispărea. Nu vor mai exista copitate mari, elefanţi, rinoceri, lei, tigri, girafe sau urşi. Marsupialele vor fi dispărut aproape cu totul. Ornitorincul şi echidna – mamiferele care depun ouă a căror origine poate fi urmărită până înapoi în Triasic – îşi vor fi depus ultimele ouă. Nu vor mai exista primate. *Homo sapiens*, ultimul din specia sa, va fi dispărut de mult.

Vor exista câteva păsări mici şi doar câteva şopârle şi şerpi. Reptile mai mari, precum ţestoasele şi aligatori, vor fi murit, la fel ca şi restul amfibienilor.

Vor exista în continuare o mulţime de rozătoare, dar am putea avea dificultăţi în a le recunoaşte ca atare. Turme de erbivore noi, care pasc, vor fi descendenţii şoarecilor şi şobolanilor. Dintre carnivorele tradiţionale, vor rămâne doar formele mai mici, de tipul mangustei sau dihorului. Carnivorele mai mari vor fi rozătoare, redux. Cu excepţia, desigur, a celor mai terifianţi prădători, care vor evolua din giganticii lilieci nezburători.[18]

Vor exista încă peşti în mare. Rechinii vor patrula la fel de mult cum au făcut-o din Devonian încoace. Vor exista recife, alcătuite dintr-un gen nou de corali sau de spongieri.

Şi, pentru o vreme, vor mai exista balene.

*

La scara cea mai panoramică, povestea vieţii pe Pământ, cu tot dramatismul, cu tot freamătul său, este guvernată de două lucruri. Unul dintre ele este declinul lent al cantităţii de bioxid de carbon din atmosferă. Celălalt este creşterea constantă a strălucirii Soarelui.[19]

În principiu, viaţa se bazează pe abilitatea plantelor fotosintetice de a converti bioxidul de carbon din atmosferă în materie vie. Pentru a face asta, majoritatea plantelor au nevoie de o concentraţie a bioxidului de carbon din atmosferă de aproximativ 150 de părţi pe milion (ppm). Aceasta se bazează pe ipoteza că plantele convertesc bioxidul de carbon în zaharuri folosind un singur tip de fotosinteză, numit calea „C_3”. Mai există însă un tip de fotosinteză, calea „C_4”, care poate funcţiona cu mult mai puţin – doar 10 ppm. Problema este că această cale C_4 necesită mai multă energie pe care s-o folosească, motivul pentru care, în majoritatea cazurilor, plantele tind să prefere calea C_3.[20]

Schimbarea s-a produs acum câteva milioane de ani, odată cu evoluția ierbii, mai ales în savanele tropicale, care tinde să utilizeze calea C_4, care consumă mai multă energie, dar e mai economică în ceea ce privește bioxidul de carbon. În ansamblu și în ciuda unui nivel maxim sau minim ocazional, bioxidul de carbon nu a încetat să scadă în decursul istoriei Pământului și, la un moment dat, pe la jumătatea erei cenozoice, ajunsese atât de jos încât selecția naturală a început să favorizeze această formă altminteri neobișnuită de fotosinteză, în pofida costului suplimentar.

Privind și mai în urmă, acesta este doar un exemplu al modului în care viața reacționează la provocările lansate de condițiile schimbătoare ale Pământului la care este limitată. În spatele multora dintre aceste provocări pândește creșterea constantă a cantității de căldură care ajunge pe Pământ de la Soare și suișurile și coborâșurile – dar mai ales coborâșurile – bioxidului de carbon.

*

De ce devine atât de rar și de prețios bioxidul de carbon? Răspunsul poate fi formulat într-un singur cuvânt – dezagregare. Rocile noi, împinse în sus prin sol pentru a deveni munți, sunt erodate rapid. Acest proces absoarbe bioxid de carbon din atmosferă. Rocile erodate ajung, în cele din urmă, să fie transformate în praf care ajunge, în cele din urmă, în mare, fiind îngropat pe fundul ei.

În primele zile ale Pământului, întreaga suprafață a planetei era acoperită de ocean, iar un sol care să fie erodat nu exista aproape deloc. Cu timpul, proporția solului a crescut în mod constant și, odată cu ea, și potențialul de dezagregare. Încet și sigur, cantitatea de bioxid de carbon eliminată din atmosferă a crescut în raport cu rata sa de refacere prin erupții vulcanice[21], de pildă.

*

Una dintre primele provocări ale vieții a apărut în timpul Marelui Eveniment de Oxidare, între acum 2,4 și 2,1 miliarde de ani. Un vârf de activitate tectonică a dus la o creștere accentuată a îngropării carbonului. Bioxidul de carbon a fost eliminat din aer. Lumea, fiindcă nu mai beneficia de efectul de seră, a intrat într-o eră glaciară care a durat 300 de milioane de ani, și tot globul a fost acoperit de gheață, de la un pol la altul – primul și cel mai mare episod Pământul de Zăpadă. Severitatea a fost exacerbată de faptul că Soarele a produs mult mai

puţină căldură decât o face astăzi, fapt care avea să influenţeze cursul viitor al vieţii pe planetă.

Viaţa a răspuns printr-o creştere în complexitate. Bacterii individuale, care trăiau în asociaţii libere, şi-au pus laolaltă resursele, fiecare individ concentrându-se pe un singur aspect al vieţii în care excela. A fost un exemplu clasic de diviziune a muncii, scos direct din Adam Smith şi *Avuţia naţiunilor*. Fabricile în care fiecare muncitor se concentrează pe o sarcină specifică în loc să încerce să facă totul de unul singur sunt mult mai eficiente decât suma părţilor lor.

În acelaşi mod, noile celule nucleate (eucariote) au putut realiza mai mult cu mai puţin.

*

Următoarea provocare majoră adresată vieţii a venit aproximativ acum 82,5 milioane de ani, odată cu ruperea supercontinentului Rodinia. Ca şi înainte, asta a dus la o creştere masivă a intemperiilor, la îngroparea carbonului şi la o altă serie prelungită de ere glaciare. Aceste ere glaciare au provocat episoade Pământul de Zăpadă, în ciuda faptului că nu au durat la fel de mult precum cel care îngheţase planeta în timpul Marelui Eveniment de Oxidare. Deşi exista mai mult sol de erodat, Soarele era mult mai fierbinte.[22]

La momentul respectiv, eucariotele experimentaseră o creştere suplimentară a complexităţii, celulele eucariote diverse grupându-se pentru a crea un organism compus din multe celule diferite, fiecare concentrându-se pe o altă sarcină, cum ar fi digestia, reproducerea sau apărarea. Evoluţia animalelor a fost o consecinţă directă a erelor glaciare care au urmat ruperii Rodiniei.

Încă o dată, viaţa răspunsese unei perturbări majore de mediu printr-o revizuire minuţioasă a economiei sale interne. Multicelularitatea a permis organismelor să devină mai mari, să se mişte mai repede, să ajungă mai departe şi să exploateze mai multe resurse într-un mod în care celulele eucariote n-ar fi putut s-o facă niciodată.

*

Nu a fost ca şi cum celulele eucariote s-au uitat în calendar şi, văzând că era acum 825 de milioane de ani, au decis în unanimitate să devină multicelulare. Creaturile multicelulare evoluaseră cu mult înainte, iar eucariotele unicelulare – şi bacteriile – aveau să rămână extrem de comune. Doar că, în loc să fie o ciudăţenie, configuraţia

multicelulară a devenit mai comună. Acum un miliard de ani, am fi asistat la fronda ocazională a algelor într-un ocean de mâzgă. Acum 800 de milioane de ani, algele erau peste tot. Acum 500 de milioane de ani, algele conviețuiau cu animalele, unele suficient de mari pentru a fi văzute cu ochiul liber.

*

În mod similar, viața se pregătește pentru următoarea etapă în evoluția sa complexă. Așa cum bacteriile s-au combinat pentru a crea eucariote, așa cum acestea s-au combinat pentru a crea animale multicelulare, plante și fungi, tot așa aceste organisme se vor combina pentru a produce, în ultimele ere ale vieții pe Pământ, un tip complet nou de organism, cu o putere și o eficiență greu de imaginat.

Semințele au fost plantate cu mult timp în urmă.

*

La scurt timp după ce au ajuns prima oară pe uscat, plantele au descoperit că viața era mult mai ușoară când formau asociații strânse cu fungi subterani numiți micorize, care se ataşau de rădăcinile plantelor. Plantele le furnizau fungilor substanțe nutritive produse prin fotosinteză. La rândul lor, fungii săpau adânc în sol pentru a găsi minerale.[23]

Astăzi, majoritatea plantelor terestre au asociații cu micorizele, ba chiar nu ar putea trăi fără ele. Data viitoare când mergeți în pădure, gândiți-vă că în solul de sub picioarele voastre, micorizele diverselor plante s-au conectat pentru a schimba nutrienți, formând o rețea amplă ce reglează creşterea întregii păduri. Pădurea – cu toți copacii și micorizele sale – este un superorganism unic.[24]

Fungii au potențialul de a regla viața pe suprafețe foarte mari. Unul dintre cele mai mari organisme cunoscute este un specimen al fungusului *Armillaria bulbosa* ale cărui fire microscopice s-au întins pe o zonă de 15 hectare dintr-o pădure din nordul statului Michigan. Deşi cu greu i-ai putea observa existența, el are o masă totală de peste 10 000 de kilograme și trăieşte de mai mult de 1 500 de ani.[25] Definirea acestui fungus ca un singur individ este totuşi dificilă. Firele fungilor se răspândesc, invizibile, invazive, neobservate, în toate ungherele și colțişoarele, formând în secret uniuni gigantice, îngropate în întuneric, în sol.

*

Mult mai târziu, pe măsură ce era dinozaurilor se apropia de apogeu, lumea plantelor a trecut printr-o revoluție tăcută. Aceasta a fost evoluția florilor.

Plantele cu flori au început ca niște mici chestii târâtoare, în apropierea apelor de la marginile lumii, dar în scurt timp au devenit mult mai comune. O sută de milioane de ani mai târziu, ele sunt forma dominantă a plantelor terestre.

Unul dintre avantajele florilor este că atrag polenizatori în loc să se bazeze pentru fertilizarea lor pe vânt, vreme și șansă. La plantele cu flori, ca în cazul multor altor lucruri, viața a scurtcircuitat mediul, înclinând balanța în favoarea sa.

Prin urmare, nu a fost poate o coincidență că evoluția florilor s-a produs concomitent cu o creștere spectaculoasă a numărului de insecte polenizatoare, mai ales a furnicilor, albinelor și viespilor (denumite, împreună, himenoptere) și a fluturilor și moliilor (lepidoptere).[26] Aceste insecte existau deja de milioane de ani, însă evoluția plantelor cu flori a grăbit și evoluția lor.

Unele plante și polenizatorii lor sunt legați într-o măsură atât de mare, încât nu pot supraviețui unii fără alții. Smochinii, de exemplu, nu se pot reproduce fără alaiul lor de viespi de smochin, care și-au construit viața în jurul plantei. Ceea ce considerăm ca fiind fructele smochinului sunt efectiv habitate create de și pentru viespi.[27] Există o relație la fel de strânsă între yucca și moliile sale.[28] În anumite privințe, smochinele și viespile de smochin formează un singur organism, o uniune indisolubilă; același lucru poate fi spus despre yucca și molia de yucca.

*

Multe furnici, albine și viespi au evoluat către o stare nouă și mai integrată, complet separată de asocierile lor cu plantele – chiar dacă evoluția plantelor cu flori le-a determinat propria evoluție. Multe dintre aceste insecte formează colonii gigantice în care indivizii se specializează pentru sarcini specifice, precum paza sau căutarea hranei. În mod semnificativ, reproducerea îi revine unui singur individ, regina. Exact ca într-un organism multicelular, chestiunea reproducerii este concentrată într-o populație distinctă de celule.

Acest gen de colonii sunt superorganisme și chiar prezintă comportamente distincte care altfel ar fi caracteristice animalelor singure. De exemplu, unele colonii de furnici culegătoare *Pogonomyrmex barbatus* tind să trimită mai puțini căutători în timpul perioadelor

secetoase decât alte colonii, iar această restricție se amortizează prin înființarea mai multor colonii-fiică.[29] Precum oamenii, furnicile formează asociații strânse cu bacteriile care trăiesc în interiorul lor și cu alte animale din jur. Ele cultivă în mod activ grădini de fungi; tind să domesticească roiuri de afide pe care le recoltează pentru nectarul pe care îl secretă.

Organizarea socială este o trăsătură legată de succes.[30] Succesul lui *Homo sapiens* ar putea fi atribuit unui tendințe de organizare socială în cadrul căreia – la fel ca insectele sociale – indivizii tind să se specializeze în îndeplinirea unor sarcini specifice. O astfel de organizare are potențialul de a acumula mai ușor mai multe resurse decât ar putea s-o facă indivizii care acționează singuri. Câți oameni din lumea de azi ar fi în stare să ducă un trai confortabil dacă ar fi forțați să-și acopere singuri chiar și cele elementare nevoi? Același lucru e valabil și pentru insectele sociale. A fost valabil și înainte ca ele să evolueze, și va fi valabil multă vreme după ce oamenii vor dispărea. Ba chiar, beneficiile dimensiunii mici a indivizilor și ale organizării pe scară largă vor deveni și mai importante cu timpul.

*

Pe măsură ce timpul trece și bioxidul de carbon necesar pentru fotosinteză devine tot mai rar, asociațiile de acest tip vor deveni și mai comune. Organismele individuale vor deveni mai mici și vor folosi mai eficient resursele, formând părți ale unor superorganisme sociale mult mai ample. În același timp, plantele se vor baza pe animale pentru a le furniza bioxid de carbon și a le poleniza. Plantele cu asocieri mai puțin strânse vor sfârși prin a fi înfometate. Viespile de smochin și moliile de yucca și-au schimbat deja foarte mult forma și comportamentul în comparație cu rudele lor mai libere și mai promiscue.

Plantele se vor asocia mai strâns cu polenizatorii lor, mai ales dacă aceștia sunt insecte sociale. Această schimbare se va accelera până când insectele vor ajunge simple vehicule pentru a media fertilizarea și a furniza bioxid de carbon. În final, ele vor deveni doar ceva mai mult decât niște organe microscopice din interiorul plantei – la fel cum mitocondriile din celulele noastre au fost cândva bacterii libere. Reproducerea insectelor va deveni complet sincronă cu cea a plantelor. Ele vor trebui să devină una.

Pe de altă parte, plantele se vor fi schimbat și ele, devenind de nerecunoscut. Poate că vor semăna cu fungii, cu cea mai mare parte a corpurilor lor în pământ, sub formă de rădăcini sau tulpini terminate cu

tuberculi, transformate poate în caverne umflate, goale, în care partenerii lor, insectele producătoare de bioxid de carbon, semănând acum mai mult cu viermii microscopici sau chiar cu celulele de tip amiboid, vor trăi toată viața, dedicați să ajute la fertilizarea unor flori mici, produse intern. O plantă va trimite doar ocazional țesut fotosintetic deasupra solului. Dar cu tot mai puțin bioxid de carbon care să poată fi strâns, şi ofilită de căldura tot mai puternică a Soarelui, „ocazional" va deveni „rareori", care va deveni „aproape niciodată".

Unele plante vor trimite, totuşi, mici flori deasupra solului pentru a elibera şi a aduna polen în vânt, a menține diversitatea genetică şi – poate – ca semnale, un fel de semafor, pentru a spune că nu este totul pierdut.

*

Şi Pământul continuă să se mişte. În 250 de milioane de ani, continentele se vor fi unit din nou într-un supercontinent, cel mai mare de până acum. La fel ca Pangeea, el se va întinde peste Ecuator.[31] O mare parte din interiorul său va fi cel mai uscat dintre deşerturi, înconjurat de lanțuri muntoase de o înălțime şi o întindere gigantice.

Va prezenta puține semne de viață. În mare, viața va fi mai simplă şi o parte semnificativă a ei va fi concentrată la adâncimi mari. Uscatul va părea complet lipsit de viață. Asta va fi o iluzie. Va exista încă viață, dar va trebui să o căutăm – foarte, foarte departe.

Chiar şi astăzi, un număr imens de viețuitoare trăiesc în adâncul pământului, nebăgate în seamă, mai adânc chiar decât rădăcinile plantelor, mai adânc chiar decât micorizele şi fungii, precum *Armillaria*, deşi ei o pot simți.

În adâncul pământului trăiesc bacterii care sapă după minerale, ducând o existență foarte precară din energia obținută prin convertirea acestora dintr-o formă în alta.[32] Aceste bacterii sunt vânate de o serie de creaturi minuscule.[33] Majoritatea sunt viermi rotunzi, cea mai neglijată şi mai ignorată formă de viață animală, fiindcă toți acei viermi rotunzi infestează atât de complet animalele şi plantele, încât un savant a remarcat că, dacă toate viețuitoarele de pe Pământ ar deveni transparente, cu excepția viermilor rotunzi, am putea vedea în continuare siluetele fantomatice ale copacilor, animalelor, oamenilor, solul însuşi.[34]

Viața în biosfera profundă continuă atât de lent încât, prin comparație, face ca ghețarii să pară la fel de sprințari ca mieii primăvara. Atât de lent, de fapt, încât abia se distinge de moarte.

Bacteriile cresc foarte încet, se divizează rar şi pot trăi milenii. Pe măsură ce lumea se încălzeşte şi bioxidul de carbon din atmosferă devine tot mai rar, viaţa în adâncuri se va accelera.

Căldura însăşi o va impulsiona, la fel şi invazia, de deasupra, a unui nou tip de organism, un compozit greu imaginabil a ceea ce au fost, în trecutul îndepărtat, creaturile numite fungi, plante şi animale, dar care sunt ultimele redute ale vieţii aproape de suprafaţa planetei. Aceste superorganisme vor pune la treabă bacteriile lente din adâncuri, oferind refugiu în schimbul energiei şi al substanţelor nutritive, fiindcă de acum fotosinteza este ceva ce ţine de trecut.

Firele asemănătoare fungilor ale superorganismelor se vor ramifica prin scoarţa Pământului, mereu în căutare de mai multă hrană, mai multe organisme pe care să le adune, până când, într-o bună zi, târziu în amurgul Pământului, toate aceste fire se vor fi întâlnit şi fuzionat. La sfârşitul ei, poate, viaţa se va fi adunat într-o singură entitate vie, sfidătoare contra morţii luminii.

*

Pământul va continua să se mişte, deşi mai încet, ca şi cum l-ar durea, fiindcă planeta este de-acum foarte bătrână, de parcă ar avea artrită. Plăcile tectonice nu mai sunt la fel de bine unse cum erau odată.

În tinereţea planetei, marile motoare termice cu convecţie care puneau în mişcare deriva continentală erau alimentate de un cuptor nuclear: descompunerea lentă, radioactivă a unor elemente, precum uraniul şi toriul, create în secundele finale ale unei supernove şi care s-au refugiat către centrul planetei când s-a format ea, cu foarte mult timp în urmă. Aceste elemente au dispărut aproape în întregime.

Supercontinentul care se va forma peste vreo 800 de milioane de ani în viitor va fi cel mai mare din istoria planetei. Şi va fi şi ultimul. Deoarece continentele, a căror deplasare neîncetată a fost combustibilul vieţii şi, adesea, duşmanul ei, vor avea în sfârşit un motiv să se oprească.

Nu va mai exista viaţă la suprafaţă. Până şi în adâncurile Pământului, viaţa îşi dă ultima suflare. Ultimele vieţuitoare din mare, strânse în jurul izvoarelor hidrotermale, vor muri de foame, fiindcă „afumătoarele" de hidrogen şi sulf bogate în minerale se irosesc şi mor.

Într-un miliard de ani sau cam aşa, viaţa pe Pământ, care a transformat atât de abil orice provocare la adresa existenţei sale într-o oportunitate de a înflori, se va sfârşi în cele din urmă.[35]

aaa

Epilog

Pentru a parafraza ceea ce a spus cineva într-un context diferit, carierele tuturor vieţuitoarelor sfârşesc prin extincţie. Nici viaţa însăşi nu va rezista. *Homo sapiens* nu va face excepţie de la asta.

Excepţie poate nu este – dar este totuşi excepţional. Deşi majoritatea speciilor de mamifere există de aproximativ un milion de ani, iar *Homo sapiens*, în sensul său cel mai larg, există de mai puţin de jumătate din acest timp, omenirea este o specie excepţională. Ea ar mai putea să dăinuie milioane de ani – sau să moară brusc marţea viitoare.

Motivul pentru care *Homo sapiens* este excepţional e următorul: reprezintă singura specie care, din câte se ştie, a devenit conştientă de locul său în ordinea lucrurilor. Ea şi-a dat seama de distrugerile pe care le provoacă lumii şi, prin urmare, a început să ia măsuri pentru a le limita.

*

Există în prezent multă îngrijorare că *Homo sapiens* a grăbit ceea ce a fost numit a „şasea" extincţie în masă, un eveniment de o magnitudine similară celor „Cinci Mari", extincţiile de la sfârşitul perioadelor Permian, Cretacic, Ordovician, Triasic şi Devonian – evenimente detectabile în arhivele geologice sute de milioane de ani mai târziu.

Deşi este adevărat că rata „de fond" a extincţiei – felul în care speciile evoluează şi dispar, fiecare pentru motivele sale – a crescut odată cu evoluţia omului şi este foarte ridicată în prezent, fiinţele umane vor trebui să continue ceea ce fac încă 500 de ani pentru ca actuala rată de extincţie să însemne ceva comparabil cu cele Cinci Mari.[1] Asta reprezintă o perioadă de aproape două ori mai lungă decât cea dintre Revoluţia industrială şi epoca actuală. Daunele produse sunt considerabile, dar mai e timp pentru a evita ca ele să devină atât de grave pe cât ar putea fi dacă omenirea nu ar face nimic. Nu este cea de-a şasea extincţie. Cel puţin, nu încă.

Umanitatea a grăbit de asemenea un episod de încălzire globală pricinuit, în mare parte, de emisiile bruşte de bioxid de carbon în atmosferă. Efectele încălzirii globale sunt deja resimţite şi provoacă perturbări importante atât pentru sănătatea şi securitatea umană, cât şi pentru vieţile multor specii diferite.

*

S-ar putea spune, desigur, că este în firea climei să fie schimbătoare: că planeta noastră a fost câteodată un bulgăre de magmă, o lume a apei, acoperită de junglă de la un pol la celălalt, iar alteori a fost învelită într-o manta de gheață groasă de câțiva kilometri.

Aşadar, oprirea schimbărilor climatice poate părea un exercițiu de orgoliu narcisic colosal, aşa cum regele Knut cel Mare şi-a avertizat curtenii care i-au sugerat că orice rege demn de acest nume ar trebui să fie în stare să poruncească mareei să nu mai vină. E tentant atunci când ne confruntăm cu sloganuri ca:

SALVAȚI PLANETA!,

să răspundem:

OPRIȚI PLĂCILE TECTONICE!

sau chiar:

OPRIȚI PLĂCILE TECTONICE – ACUM!

La urma urmei, Pământul exista de 4,6 miliarde de ani înainte ca *Homo sapiens* să apară şi va continua să existe multă vreme după ce *Homo sapiens* va dispărea.

*

O asemenea viziune întunecată s-ar justifica doar dacă omenirea ar fi la fel de inconştientă de activitățile sale ca, să zicem, primele bacterii fotosintetice care au poluat atmosfera cu cantități mici, dar totuşi letale de otravă mortală pe care o cunoaştem astăzi sub numele de oxigen molecular.

Noi *suntem* însă foarte conştienți şi luăm deja măsurile necesare pentru a acționa într-un mod mai responsabil. Peste tot în lume, emisiile de combustibili fosili sunt eliminate treptat în favoarea unor soluții mai puțin poluante. De exemplu, al treilea trimestru al anului 2019 a fost primul astfel de interval în care Marea Britanie a produs mai multă electricitate din surse regenerabile decât din generatoare care ardeau combustibili fosili şi este probabil ca tendința să continue.[2] Oraşele sunt mai curate şi mai verzi.

Acum 50 de ani, când populația Pământului era jumătate din cât este în prezent, au existat îngrijorări serioase că omenirea avea să fie în scurtă vreme incapabilă să se hrănească.[3] Dar 50 de ani mai târziu, Pământul susține de două ori mai mulți oameni care, în ansamblu, sunt mai sănătoşi, trăiesc mai mult şi sunt mai prosperi decât înainte. Discuția s-a mutat mai degrabă asupra pagubelor cauzate de distribuția extrem de inegală a bogăției decât de absența bogăției.

Oamenii încep să trăiască mai economic. Şi o fac rapid şi cu oarecare entuziasm. Deşi consumul de energie per capita continuă să crească la nivel mondial, în unele ţări cu venituri mari a scăzut. În Marea Britanie şi Statele Unite, consumul de energie per capita a atins maximumul în anii 1970, rămânând mai mult sau mai puţin acelaşi până în anii 2000, când a început să scadă şi a făcut-o într-un ritm foarte accentuat: în Marea Britanie, a scăzut cu aproape un sfert numai în ultimii 20 de ani.[4]

De asemenea, oamenii sunt mai bine educaţi decât înainte. În 1970, doar unu din cinci oameni rămânea în şcoală până la vârsta de 12 ani. Acum procentul este puţin peste unu din doi (51 %) şi se estimează să ajungă la 61 % în 2030.[5]

Populaţia umană, care cândva ameninţa să crească necontrolat, va ajunge la apogeu în secolul actual, după care va începe să scadă. În 2100, ea va fi mai mică decât este acum.[6]

Tehnologia mai eficientă şi îmbunătăţirile în agricultură au stat la originea multora dintre aceste lucruri. Însă poate cel mai important factor în îmbunătăţirea condiţiei umane de-a lungul ultimului secol a fost emanciparea reproductivă, politică şi socială a femeilor, mai ales în ţările dezvoltate. Acum că femeile au tot mai mult control asupra corpurilor lor şi au mai multe de spus în privinţa chestiunilor umane, omenirea şi-a dublat forţa de muncă, şi-a îmbunătăţit eficienţa energetică globală şi a oprit creşterea populaţiei sale.

Viitorul aduce însă multe provocări. Cu toate acestea, aşa cum viaţa a făcut-o mereu, omenirea le va răspunde – le răspunde – prin diviziunea muncii şi folosind astfel mai puţine resurse pentru a merge mai departe.

Şi totuşi, mai devreme sau mai târziu, *Homo sapiens* va ajunge să dispară.

*

S-ar putea să existe o clauză de renunţare, deşi, dacă ne uităm mai atent, ea se dovedeşte iluzorie. Această carte vorbeşte despre viaţa pe Pământ şi atrage atenţia că, într-o bună zi, condiţiile de pe Pământ vor deveni prea ostile pentru orice fel de viaţă, oricât de ingenioasă ar fi. Însă nu am vorbit despre felul în care viaţa ar putea fi extinsă dincolo de Pământ.

Deşi se ştie că unele organisme pot rezista expunerii la spaţiu,[7] *Homo sapiens* este prima specie care, după câte se cunoaşte, a plecat intenţionat în spaţiu, a instalat o staţie spaţială cu echipaj uman pe

orbită şi a pus piciorul pe o altă lume, Luna. Prin urmare, este posibil ca fiinţele umane să părăsească în mod regulat Pământul şi chiar să trăiască permanent în spaţiu, fie pe suprafeţe planetare, fie în habitate artificiale.

În prezent, acest lucru pare improbabil. La ora la care scriu aceste rânduri, doar o mână de oameni au vizitat Luna,[8] şi nimeni nu a făcut-o din 1972 încoace. Acesta nu este neapărat un motiv de pesimism. Când primii oameni moderni, care au trăit pe coastele sudice ale Africii, acum aproximativ 125 000 de ani, au inventat cosmeticele, au învăţat să deseneze şi să folosească arcuri şi săgeţi, s-a născut tehnologia, doar pentru a fi, din câte se pare, uitată, uneori timp de mii de ani, până când, în cele din urmă, a fost recuperată şi a devenit ceva obişnuit. S-ar putea ca astfel de activităţi să necesite un număr suficient de oameni, care trăiesc suficient de aproape unii de alţii pentru a le susţine şi a se asigura că meşteşugurile şi deprinderile necesare sunt păstrate.

Călătoriile spaţiale, aparent abandonate, revin la viaţă după o lungă adormire şi ar putea ajunge rutină. Progresele tehnologice au însemnat că o călătorie spaţială nu mai e atât de costisitoare, încât doar guvernele îşi pot permite luxul să o facă. S-au implicat corporaţii private. Perspectiva ca oamenii să viziteze spaţiul doar pentru a admira priveliştea nu mai ţine de science-fiction. La început, singurii clienţi vor fi cei fabulos de bogaţi – dar acelaşi lucru a fost cândva valabil şi pentru călătoriile cu avionul.

Merită remarcat cât de rapid a evoluat tehnologia. De exemplu, doar 50 de ani au despărţit primul zbor transatlantic cu aeroplanul (iunie 1919), realizat de doi piloţi curajoşi într-un aparat care, pentru un ochi modern, arată ca un montaj fragil de pânză, lemn şi motoare de maşină de tuns iarba, legate cu sârmă, de momentul în care omul a pus prima dată piciorul pe Lună (iunie 1969).

Dar extincţia rămâne în continuare destinul omenirii, chiar dacă, într-o zi, specia va ajunge la stele. Coloniile umane vor fi foarte mici şi separate de distanţe uriaşe, crescând posibilitatea ca multe dintre ele să eşueze din lipsă de oameni şi de diversitate genetică, iar cele câteva care vor reuşi se vor ramifica, în cele din urmă, în specii diferite. Nu va exista nicio scăpare în felul acesta.

*

Care va fi deci moştenirea umană? Măsurată în raport cu durata vieţii pe Pământ – zero. Întreaga istorie umană, atât de intensă şi atât de scurtă, toate războaiele, literatura, toţi prinţii şi dictatorii cu palatele lor,

toată bucuria, toată suferința, toate iubirile, visurile şi împlinirile, nu vor lăsa decât un strat gros de câțiva milimetri într-o viitoare rocă sedimentară, până când şi aceasta va fi erodată, va deveni praf şi va ajunge să se odihnească pe fundul oceanului.

Cumva totuşi asta face cu atât *mai* semnificativ, cu atât mai important ca noi să continuăm să păstrăm ceea ce avem, să facem existența noastră efemeră cât se poate de confortabilă, pentru noi şi pentru semenii noştri.

Star Maker, de Olaf Stapledon (1886–1950), este probabil cea mai îndrăzneață lucrare de ficțiune speculativă publicată vreodată. Faptul că foarte puțini au auzit de ea este probabil din pricina amplei sale viziuni întunecate (deşi cartea în sine e relativ scurtă). Povestea spune istoria cosmosului nostru, care are nevoie de mai mult de 400 de milioane de ani pentru a se desfăşura – iar acesta nu-i decât unul dintre numeroasele universuri. Istoria umanității ocupă un simplu paragraf.

În poveste, protagonistul iese din cabana sa după o ceartă cu soția. Aşezat pe coama unui deal, are o viziune în care este transportat în cosmos. Întâlnind alți rătăcitori, el devine parte a unei comunități de suflete care ia parte la multe aventuri până când, consolidată sub forma unei minți cosmice, întâlneşte Creatorul. Universul nostru nu e decât una dintre încercări – alte universuri de jucărie sunt împrăştiate prin atelierul Creatorului. Mai mult decât atât, urmează să vină universuri mai mari.

Întorcând-se acasă, protagonistul reflectează la călătoriile sale. Merită amintit că Stapledon a fost un pacifist cunoscut, care fusese, totuşi, martor ocular la ororile războiului, lucrând cu Friend's Ambulance Service pe Frontul de Vest. *Star Maker* a fost publicată în 1937, când lumea se îndrepta spre un alt conflict mondial: aspect pe care protagonistul îl discută în prologul şi în postfața cărții.

Cum poate face față un om obişnuit unei asemenea grozăvii inumane? întreabă naratorul.

„Două lumini călăuzitoare", propune el. Prima, „micul nostru atom luminos al comunității". A doua, aparent antitetică, „lumina rece a stelelor", în care chestiuni precum războaiele mondiale au o importanță neglijabilă. El conchide:

> În mod ciudat, pare că e mai urgent să joace un rol în această luptă efortul organismelor microscopice de a se chinui să câştige pentru rasa lor o luciditate oarecum mai mare înaintea întunericului suprem.

Prin urmare, nu disperați. Pământul mai zăboveşte şi viața îşi vede în continuare de drum.

aaa

Lecturi suplimentare

După cum veți vedea, această carte are note ample ce detaliază unele dintre cercetările principale pe care se bazează. Lucrările de cercetare sunt prin natura lor destinate să fie citite de alți cercetători. Aici, în schimb, ofer câteva sugestii de lecturi suplimentare care sunt, sper, mai accesibile.

Benton, Michael J., *When Life Nearly Died* (Londra: Thames & Hudson, 2003). Povestea extincției de la sfârşitul Permianului, în detalii terifiante (şi, deci, captivante), cu o analiză a posibilelor cauze.

Berreby, David, *Us and Them* (New York: Little, Brown, 2005). Despre comportamentul uman, în particular despre cât de uşor formăm grupuri şi alianțe reciproc ostile. Aceasta e cea mai bună carte de antropologie pe care am citit-o vreodată. Puteți să mă citați.

Brannen, Peter, *The Ends of the World* (Londra: Oneworld, 2017). Povestea diverselor extincții în masă din istoria Pământului.

Brusatte, Steve, *The Rise and Fall of the Dinosaurs* (Londra: Macmillan, 2018). O carte concisă, actuală şi incitantă despre cele mai recente cercetări asupra dinozaurilor.

Clark, Jennifer, *Gaining Ground* (Bloomington: University of Indiana Press, 2012). Ghidul despre originea vertebratelor de uscat de la începuturile lor acvatice.

Dixon, Dougal, *After Man* (Londra: Granada, 1981). O privire glumeață asupra modului în care ar putea arăta fauna peste 50 de milioane de ani, dacă ființele umane ar dispărea astăzi.

Fortey, Richard, *The Earth, an Intimate History* (Londra: HarperCollins, 2005). Întreaga istorie a planetei noastre dintr-o perspectivă geologică.

Fraser, Nicholas, *Dawn of the Dinosaurs* (Bloomington: Indiana University Press, 2006). Istoria pe nedrept neglijatei perioade Triasic. Ilustrații evocatoare de Douglas Henderson.

Gee, Henry, *In Search of the Deep Time* (New York: The Free Press, 1999), publicată în Marea Britanie cu titlul *Deep Time* (Londra: Fourth Estate, 2000). O carte ce avertizează asupra lucrurilor la care se referă cartea pe care o aveți în mână – folosind o arhivă incompletă a fosilelor pentru a spune o poveste. În schimb, cineva poate folosi

arhiva pentru a schița multe poveşti posibile, dintre care unele sunt mult mai interesante decât cea pe care ați crezut că o ştiți.

Gee, Henry, *The Accidental Species* (Chicago: University of Chicago Press, 2013). Ghidul vostru la îndemână pentru a studia originile şi evoluția omului, demontând câteva mituri şi detronând omenirea din poziția ei superioară.

Gee, Henry, *Across the Bridge* (Chicago: University of Chicago Press, 2018). Un ghid despre originile vertebratelor, grupul de animale căruia îi aparținem noi înşine.

Gee, Henry şi Rey, Luis V., *A Field Guide to Dinosaurs* (Londra: Aurum, 2003). Un ghid pentru călători către lumea dinozaurilor; este foarte speculativ. Merită pentru ilustrațiile extraordinare ale lui Luis Rey.

Gibbons, Ann, *The First Human* (New York: Anchor, 2006). Povestea cercetărilor despre originile omului spusă de un comentator de top în domeniu.

Lane, Nick, *The Vital Question* (Londra: Profile, 2005). O perspectivă asupra modului în care a început viața, oferită de un scriitor plin de vervă.

Lieberman, Daniel, *The Story of the Human Body* (Londra: Allen Lane, 2013). O relatare a evoluției umane şi de ce stilurile noastre moderne de viață se potrivesc atât de puțin cu moştenirea noastră.

McGhee, George R., Jr., *Carboniferous Giants and Mass Extinction* (New York: Columbia University Press, 2018). O descriere vie a lumii în perioadele Carbonifer şi Cretacic.

Nield, Ted, *Supercontinent* (Londra: Granta, 2007). Povestea derivei continentale şi a ciclului supercontinentului de o jumătate de miliard de ani.

Prothero, Donald R., *The Princeton Guide to Prehistoric Mammals* (Princeton: Princeton University Press). Dacă eşti confuz în privința taeniodonților şi tilodonților tăi, a pantodonților şi dinoceratelor, asta e cartea de care ai nevoie. Ilustrații minunate de Mary Persis Williams.

Shubin, Neil, *Your Inner Fish* (Londra: Penguin, 2009). Cum înrudirea noastră cu peştii poate fi regăsită la oamenii care trăiesc în ziua de azi.

Stringer, Chris, *The Origin Of Our Species* (London: Allen Lane, 2011). Povestea felului în care *Homo sapiens* a ajuns să fie aşa cum este.

Stuart, Anthony J., *Vanished Giants* (Chicago: University of Chicago Press, 20221). O trecere în revistă detaliată, dar accesibilă, a extincției majorității animalelor mari spre sfârşitul Pleistocenului. Cine ştia că a existat o specie numită Cămila Zilei de Ieri?

Thewissen, J.G.M. „Hans”, *The Walking Whales* (Oakland: University of California Press, 2014). Incredibila poveste a modului în care un grup de animale terestre s-au întors în mare şi au devenit în întregime marine în doar opt milioane de ani.

Ward, Peter şi Brownlee, Donald, *The Life and Death of Planet Earth* (New York: Henry Holt, 2002). Un prognostic sumbru al viitorului vieții pe planeta noastră.

Wilson, Edward O., *The Social Conquest of Earth* (New York: Liveright, 2012). O polemică pasionată a fondatorului sociobiologiei despre felul cum evoluția a produs superorganisme care au moştenit Pământul, fie ele furnici sau oameni.

aaa

Mulţumiri

După *Across the Bridge* am jurat că nu o să mai scriu altă carte.

„N-o să mai scriu altă carte”, i-am spus colegului meu David Adam. Pe atunci, David era reporter de ştiri şi scriitor la *Nature*, unde lucram amândoi. Îl întrerupeam adesea pe David ca să putem discuta despre cărți. El scrisese două: *The Man Who Couldn't Stop* şi *The Genius Within***.

Ignorând protestele mele, David a sugerat să scriu ceva despre cea mai uluitoare cercetare asupra fosilelor cu care avusesem privilegiul să mă întâlnesc, de-a lungul anilor, la biroul meu de la *Nature*.

Iar eu, insistând în continuare că nu aveam de gând să scriu încă o carte, am scris-o.

A fost mai puțin o carte de ştiință popularizată decât un expozeu revelator intitulat *Let's Talk About Rex: A Personal History of Life on Earth*. Agenta mea, Jill Grinberg de la Jill Grinberg Literary Management, abia aştepta să vadă ce puneam la cale, dar am zis că întrucât era un soi de destăinuire fără restricții, fără înfrumusețări, detaliată şi personală, o să scriu cartea până la capăt şi, înainte să-i dau drumul în lume, o s-o discut cu toți cei pe care o să-i numesc în continuare. Ea a fost de acord. Şi asta este ceea ce am făcut.

Primele îndoieli au venit din partea părinților mei, care au spus că e foarte frumoasă, dragă, dar pe cine, în afară de cei menționați, ar interesa cu adevărat? Jill a sugerat să încerc o narațiune mai directă. Aşa a început o conversație care, până să apară versiunea finală, a avut nevoie de luni de zi de ciorne, e-mailuri lungi şi câteva conversații telefonice noaptea târziu.

David Adam merită primele mulțumiri întrucât cartea a fost ideea lui, cel puțin la început. Dacă nu vă place, dați vina pe el. Deși îmi amintesc că Helen Parson, colega noastră, a contribuit și ea.

Câțiva oameni au văzut părți ale cărții pe măsură ce ea se dezvolta și unii chiar au făcut sugestii utile, deși, evident, greșelile sunt în întregime ale mele, după cum sunt și o grămadă de speculații fanteziste. Le mulțumesc pentru sfaturile înțelepte lui Per Erik Ahlberg, Michel Brunet, Brian Clegg, Simon Conway Morris, Victoria Herridge, Philippe Janvier, Meave Leakey, Oleg Lebedev, Dan Lieberman, Zhe-Xi Luo, Hanneke Meijer, Mark Norell, Richard „Bert" Roberts, De-Gan Shu, Neil Shubin, Magdalena Skipper, Fred Spoor, Chris Stringer, Tony Stuart, Tim White, Xing Xu și mai ales Jenny Clack, care a trimis comentarii în timp ce era bolnavă. Această carte este dedicată memoriei ei.

Steve Brusatte (autor al cărții *The Rise and Fall of the Dinosaurs*) a făcut numeroase comentarii utile și a dat manuscrisul studenților săi, dintre care mulți au oferit cu amabilitate propriul feedback. Prin urmare, vă mulțumesc Matthew Byrne, Eilidh Campbell, Alexiane Charron, Nicole Donald, Lisa Elliott, Karen Helliesen, Rhoslyn Howroyd, Severin Hryn, Eilidth Kirk, Zoi Kynigopoulou, Panayiotis Louca, Daniel Piroska, Hans Püschel, Ruhaani Salins, Alina Sandauer, Ruby Stevens, Struan Stevenson, Michaela Turanski, Gabija Vasiliauskaite și unui student care a ales să rămână anonim.

Îmi cer scuze oricui merită să fie inclus și al cărui nume l-am omis din neatenție.

Jill m-a reprezentat începând din ultimul mileniu. Am trecut prin multe împreună. Când Jill a vândut prima mea carte comercială, *In Search of Deep Time*, am zburat la New York doar ca s-o scot la cină. Să nu mai spună nimeni că era cavalerismului a murit. Sub îndrumarea lui Jill, ceea ce a început ca o carte indecentă de memorii s-a transformat într-atât în cartea pe care o aveți în fața ochilor, încât a stârnit imaginația lui Ravindra Mirchandani de la Picador și a lui George Witte de la St Martin's Press, care au preluat proiectul într-o perioadă foarte dificilă (pandemia de COVID din 2020–2021 era în plină desfășurare). Le mulțumesc lui Ravi, George, Jill și tuturor colegilor lor pentru a fi dus proiectul mai departe.

Cartea nu ar fi fost posibilă dacă nu aș fi avut norocul ca în ziua de vineri, 11 decembrie 1987, marele, regretatul John Maddox să-mi ofere un post la revista de știință *Nature*, permițând-mi astfel să urmăresc din primele loji defilarea descoperirilor care aveau loc în timpul celei mai captivante perioade din istoria științei.

Datorez multe mulțumiri familiei mele pentru încurajarea lor, deşi cele mai sincere merg către soția mea Penny, al cărei răspuns obişnuit la exclamațiile că n-o să mai scriu vreodată altă carte este un zâmbet de cunoscător.

Penny a fost cea care m-a închis în biroul meu între 7 şi 9 în fiecare seară (mai puțin vinerea şi sâmbăta), cu o ceaşcă de ceai, doi biscuiți digestivi şi câinele meu credincios Lulu.

Nu aş fi reuşit niciodată fără ei.

** David Adam, *Geniul din noi. Sfârşitul inteligenței limitate şi ce înseamnă asta pentru noi*, Editura Rao, Bucureşti, 2019, trad. de Gabriel Stoian.

aaa

Note

1. UN CÂNTEC DE FOC ŞI GHEAȚĂ

1. Vezi, de exemplu, R.M. Canup şi E. Asphaug, „Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth's formation", *Nature* 412, 708–712, 2001; J. Melosh, „A new model Moon", *Nature* 412, 694–695, 2001.
2. Asta explică de ce Pământul şi Luna au compoziții similare şi totodată de ce Luna este mai specială. Comparată cu majoritatea sateliților din sistemul solar, Luna este foarte mare în raport cu corpul pe care îl orbitează (Pământul, în acest caz). Vezi Mastrobuono-Battisti *et al.*, „A primordial origin for the compositional similarity between the Earth and the Moon", *Nature* 520, 212–215, 2012.
3. Pentru a ilustra cât de activ rămâne Pământul până în ziua de azi, placa tectonică pe care stă Australia împinge spre nord în Indonezia, încrețindu-se pe măsură ce înaintează, într-un ritm de două ori mai rapid decât îi cresc unghiile profesorului Bert Roberts de la Universitatea Wollongong (sau cel puțin aşa îmi spune Bert – ritmurile de creştere a unghiilor pot varia). Asta poate părea puțin, dar cu timpul se simte. Pe măsură ce Australia împinge înspre nord, marginea de nord a insulei Java se îndoaie în jos, intrând sub ea. Dacă ați zburat pe deasupra coastei de nord a insulei Java, aşa cum a făcut eu, ați putut vedea că districtele cele mai nordice ale oraşului Jakarta au fost abandonate mării, cu mult timp în urmă. Iar Bert continuă să-şi taie unghiile.
4. Întrucât împărtăşesc cu voi această poveste mai degrabă sub forma unei narațiuni decât a unei expuneri ştiințifice, unele dintre lucrurile pe care le voi relata sunt susținute de mai multe dovezi decât altele. Circumstanțele originii vieții sunt probabil cel mai puțin înțelese decât orice altceva voi discuta – poate cu excepția unor fragmente mari din

capitolul 12. Partea asta se apropie cel mai mult de a Inventa Chestii. Problema este că viața însăşi e foarte greu de definit, un subiect abordat de Carl Zimmer în cartea sa *Life's Edge* (Random House, 2020).

5. În particular, membranele acumulează sarcină electrică şi îi permit acesteia să se disipeze făcând o muncă utilă, cum ar fi declanşarea unor reacții chimice. În esență, aşa funcționează o baterie. Atunci, ca şi acum, creaturile vii erau propulsate de electricitate. Aceasta este surprinzător de puternică. Dat fiind că diferența de sarcină dintre interiorul şi exteriorul celulelor este măsurabilă, însă distanța microscopică, diferența potențială poate fi foarte mare, de ordinul a 40–80 de mV (milivolți). Pentru o descriere detaliată a rolului sarcinii electrice în originea vieții şi multe altele, vezi cartea lui Nick Lane, *The Vital Question*.
6. Gândiți-vă la adolescenți, înțelegerea şi conştiința lor în formare crescând în detrimentul ordinii din mediul lor imediat.
7. Cele mai vechi roci care supraviețuiesc încă din primele zile ale Pământului au o vârstă cuprinsă între 3,8 şi 4 miliarde de ani, deşi cristalele mici, dar foarte robuste, ale unui mineral numit zirconiu se ştie că au supraviețuit peste 4,4 de miliarde de ani; la rândul său, zirconiul reprezintă rămăşițele unor roci şi mai vechi care s-au erodat până au dispărut complet. Unele dintre aceste cristale de zirconiu poartă semne – vagi, asemenea fantomei unei amintiri a umbrelor întrezărite cu coada ochiului – că viața a trecut în felul acesta, acum mai bine de 4 miliarde de ani. Creaturile vii au o chimie unică bazată în mare măsură pe atomii de carbon. Aproape toți atomii de carbon se prezintă într-o variantă, sau „izotop", cunoscută sub numele de carbon-12. O proporție infimă de atomi de carbon aparțin izotopului cunoscut sub numele de carbon-13, care e ceva mai greu. Genurile de reacții chimice care au loc în organismele vii sunt programate astfel încât resping carbonul-13, şi prin urmare sunt îmbogățite în carbon-12, în raport cu mediul anorganic – iar această discrepanță poate fi măsurată. Roci extrem de vechi care conțin carbon, dar ceva mai puțin carbon-13 decât era de aşteptat în raport cu carbonul-12, ne-ar putea sugera că viața a fost cândva prezentă, chiar dacă rămăşițele fizice concrete au dispărut – în acelaşi fel în care prezența pisicii de Cheshire, altminteri dispărută, poate fi dezvăluită de rânjetul ei persistent. Acesta este genul de dovezi pe care se bazează afirmația că viața a existat pe Pământ acum cel puțin 4,1 miliarde de ani. Ele provin dintr-un cristal de zirconiu care include o pată de grafit relativ bogat în carbon-12 ce sugerează că viața pe Pământ a început cu atât de mult timp în urmă, încât originea ei antedatează şi cele mai vechi roci. Vezi Wilde *et al.*, „Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago", *Nature* 409, 175–178, 2001.

8. Vezi E. Javaux, „Challenges in evidencing the earliest traces of life”, Nature 572, 451–460, 2019, pentru un memento bine-venit cu privire la problemele de interpretare a fosilelor foarte vechi.
9. La ora la care scriu aceste rânduri, cea mai veche dovadă general acceptată cu privire la existența vieții pe Pământ provine de la o formațiune stâncoasă numită Strelley Pool Chert, din Australia, care conservă nu rămășițele unei fosile sau două, ci ale unui întreg ecosistem de recife care s-a dezvoltat într-un ocean cald şi însorit în urmă cu aproximativ 3,43 de miliarde de ani. Vezi Allwood *et al*., „Stromatolite reef from the Early Archaean era in Australia”, *Nature* 441, 714–718, 2006. Există şi alte dovezi, cu o vechime de peste 4 miliarde de ani, dar statutul lor este controversat.
10. Cel puțin până la evoluția animalelor care au putut să le pască. Astăzi, stromatoliții supraviețuiesc doar în acele locuri rare în care animalele nu pot ajunge. Un astfel de loc este Shark Bay, în vestul Australiei, o întindere de apă prea sărată pentru a supraviețui în ea altceva în afară de mâzgă.
11. Asta-i ciudat, fiindcă Soarele nu era pe atunci la fel de strălucitor cum este astăzi, o situație cunoscută sub numele de „Paradoxul Soarelui slab timpuriu”. Un paradox deoarece Pământul trebuie să fi fost realmente un bulgăre de gheață. Cu toate acestea, atmosfera de început era plină de gaze de seră puternice, precum metanul, care mențineau temperatura foarte ridicată.
12. Cauzele Marelui Eveniment de Oxidare rămân controversate. Dovezile sugerează o perioadă crescută de activitate, care a adus la suprafață gaze din adâncurile Pământului. Vezi Lyons *et al*., „The rise of oxygen in the Earth’s early oceans and atmosphere”, *Nature* 506, 307–315, 2014; Marty *et al*., „Geochemical evidence for high volatile fluxes from the mantle at the end of the Archaean”, *Nature* 575, 485–488, 2019; şi J. Eguchi *et al*., „Great Oxidation and Lomagundi events linked by deep cycling and enhanced degassing of carbon”, *Nature Geoscience* doi:10.1038/s41561–019–0492–6, 2019.
13. După cum spunea Joni Mitchell: „Când am ajuns la Woodstock, eram o jumătate de milion” şi, după cum a adăugat un jurnalist muzical, obişnuit al festivalurilor: „...şi 300 000 dintre noi căutam toaleta”.
14. Vezi Vreeland *et al*., „Isolation of a 250 million-year-old halotolerant bacterium from a primary salt crystal”, *Nature* 407, 897–900, 2000; J. Parkes, „A case of bacterial immortality?” *Nature* 407, 844–845, 2000.
15. Este posibil ca această tendință să fi fost accelerată de trauma Marelui Eveniment de Oxidare.
16. Din punct de vedere tehnic, „bacteriile” şi „arheele” sunt tipuri foarte diferite de organisme. Dar toate sunt mici şi au acelaşi nivel de

organizare, aşa că folosesc aici „bacterii” ca un termen familiar ce acoperă ambele tipuri.

17. Vezi Martijn *et al.*, „Deep mitochondrial origin outside sampled alphaproteobacteria”, *Nature* 557, 101–105, 2018.
18. Fuziunea dintre diferite tipuri de bacterii şi arhee pentru a crea celule nucleate a fost studiată îndeaproape de un gen de arheologie moleculară care clarifică evenimentele fuziunii (M.C. Rivera şi J.A. Lake, „The Ring of Life provides evidence for a genome fusion origin of eukaryotes”, *Nature* 431, 152–155, 2004; W. Marin şi R.M. Embley, „Early evolution comes full circle”, *Nature* 431, 134–137, 2004). Identitatea arheonului care a format nucleul a fost neclară, întrucât el ar fi trebuit să aibă şi trăsături de celule nucleate, pe care arheele nu le au, de pildă, un schelet miniatural din fibre de proteină. Astfel de arhee au fost descoperite acum în sedimente de pe fundul mării (Sprang *et al*., „Complex archaea that bridge the gap between prokaryotes and eukaryotes”, *Nature* 521, 173–179, 2015; T.M. Embley şi R.A. Williams, „Steps on the road to eukaryotes”, *Nature* 521, 169–170, 2015; Zaremba-Niedzwieska et al. „Asgard archaea illuminate the origin of eukaryote cellular complexity”, *Nature* 541, 353–358, 2017; J.O. McInerney şi M.J. O’Connell, „Mind the gaps in cellular evolution”, *Nature* 541, 297–299, 2017; Eme *et al*., „Archaea and the origin of eukaryote”, *Nature Reviews Microbiology* 15, 711–723, 2017). După eforturi eroice, aceste celule au fost cultivate în laborator (Imachi *et al*., „Isolation of an archeon at the prokaryote-eukaryote interface”, *Nature* 577, 519–525, 2020; C. Schleper şi F.L. Sousa, „Meet the relatives of our cellular ancestors”, *Nature* 577, 478–479). În mod curios, celulele sunt foarte mici, dar întind tendoane lungi care îmbrăţişează bacteriile din apropiere, de unele dintre acestea având nevoie pentru a supravieţui; un posibil precursor al formării celulelor (Dey *et al*., „On the archaeal origins of eukaryotes and the challenges of inferring phenotype from genotype”, *Trends in Cell Biology* 26, 476–485, 2016).
19. Chiar şi astăzi, cele mai multe dintre eucariote trăiesc în limitele unei singure celule. Eucariotele unicelulare includ atât amibele şi paramecii întâlniţi în orice iaz din grădină, cât şi multe organisme care provoacă boli, precum malaria, boala somnului şi leishmanioza. Eucariotele cu corpuri formate din multe celule adunate laolaltă includ atât animale, plante şi fungi, cât şi numeroase alge, precum algele marine (macroalgele), deşi chiar şi eucariotele multicelulare îşi petrec o parte din ciclul de viaţă ca o singură celulă. Tu, dragă cititorule, provii dintr-o singură celulă.
20. „Sexul” este complet distinct de „gen”. La început, participanţii au produs celule sexuale de mărime mai mult sau mai puţin egală. „Genul” a intrat în scenă atunci când un „tip de împerechere” a produs un număr

mic de celule sexuale mari, pe care le numim „ouă”, iar celălalt a produs un număr mare de celule sexuale foarte mici, pe care le numim „spermă”. Este în interesul producătorilor de spermă să fertilizeze cât de multe ouă cu putință, dar acest lucru intră în conflict cu interesele producătorilor de ouă, care sunt înclinați să fie mult mai selectivi cu privire la calitatea spermei căreia îi permit să fertilizeze stocul lor limitat de ouă. Războiul dintre mascul şi femelă a început.

21. Viața multicelulară a evoluat, destul de independent, de multe ori (vezi Sebé-Pedros *et al*., „The origin of Metazoa: a unicelular perspective”, *Nature Reviews Genetics* 18, 498–512, 2017). În afară de animale, există plante şi rudele lor apropiate, algele verzi, diverse tipuri de alge roşii şi brune, şi feluriți fungi. Cele mai multe dintre eucariote, însă, rămân unicelulare – aşa cum o fac *toate* celulele sexuale eucariote, inclusiv ovulele şi spermatozoizii umani. Prin urmare, dintr-o anumită perspectivă, am putea considera multicelularitatea ca un mecanism de sprijin care să permită o furnizare mai eficientă a celulelor sexuale.
22. Această perioadă din istoria Pământului este numită cumva disprețuitor de către geologi – care, fără promisiunea apocalipsului tectonic iminent ce va zgâlțâi lumea, de regulă stau în pat – „Miliardul Plictisitor”.
23. Protistele cuprind o gamă largă de organisme eucariote unicelulare foarte diverse care cândva erau exilate într-un grup socotit marginal, numit „protozoare”. La fel ca viețuitoarele comune din bălți, precum amiba şi parameciul, ele includ creaturi importante pentru sistemul Pământului, printre care dinoflagelatele ce cauzează „mareele roşii”, foraminiferele şi cocolitoforele, care îşi formează carapace minerale de o frumusețea deosebită; pentru medicină, precum paraziții malariali şi tripanozomele, care provoacă boala somnului; şi pentru curiozitatea şi uimirea generală, precum dinoflagelata *Nematodininum* care are un ochi perfect format, cu un strat asemănător corneei, un cristalin şi o retină (vezi F.S. Gavelis, „Eye-like ocelloids are built from a different endosymbiotically acquired components”, *Nature* 523, 204–207, 2015). Protistele sunt ca terierii Jack Russel: ce le lipseşte în mărime, compensează prin personalitate.
24. Vezi Strother *et al*., „Earth’s earliest non-marine eukaryotes”, *Nature* 473, 505–509, 2011.
25. Lichenii sunt asocieri de alge şi fungi atât de intime, încât pot fi recunoscute ca specii distincte. Pentru o minunată disertație despre licheni, vezi cartea lui Merlin Sheldrake *Entangled Life: How Fungi Make Our Worlds, Change Our Minds, and Shape Our Futures* (Londra: The Bodley Head, 2020).
26. Vezi J.N. Butterfield, „*Bangiomorpha pubescens* n. gen. n. sp.: implications for the evolution of sex, multicellularity, and the

Mesoproterozoic/Neoproterozoic radiation of eukaryotes", *Paleobiology* 26, 386–404, 2000.

27. Vezi C. Loron *et al.*, „Early fungi from the Proterozoic era in Arctic Canada", *Nature* 570, 232–235, 2019.
28. Vezi El Albani *et al.*, „Large colonial organisms with coordinated growth in oxygenated environments 2.1 Gyr ago", *Nature* 466, 100–104, 2010.
29. Plăcile tectonice respiră. O dată la câteva sute de milioane de ani, continentele se adună într-o masă supercontinentală unică, doar ca aceasta să se rupă din nou atunci când coloane de magmă din adâncurile Pământului le străpung de dedesubt, separându-le iarăşi. Cel mai recent supercontinent a fost Pangeea, care a atins dimensiunea maximă acum vreo 250 de milioane de ani. Înaintea lui a fost Rodinia, iar mai devreme a fost Columbia; şi există dovezi ale unora şi mai timpurii. Tot ce veţi dori vreodată să aflaţi despre plăcile tectonice puteţi găsi în *Supercontinent,* cartea scrisă de prietenul meu Ted Nield (Londra: Granta, 2007). Ted mă asigură că volumul nu are legătură cu exerciţiile pentru planşeul pelvian, cum s-ar fi putut gândi unii.

2. ANIMALELE SE ADUNĂ

1. Pentru o mare parte din ceea ce urmează, m-am inspirat din Lenton *et al.,* „Co-evolution of eukaryotes and ocean oxygenation in the Neoprotozoic era", *Nature Geoscience* 7, 257–265, 2014.
2. Data la care a început evoluţia spongierilor (bureţilor) este discutabilă. Spiculele mineralizate care formează scheletul spongierilor rareori apar înainte de Cambrian, asta dacă o fac vreodată, iar fosilele „moleculare", considerate a fi un element de identificare a spongierilor, ar fi putut fi formate de către protiste. Vezi Zumberge *et al.*, „Demosponge steroid biomarker 26–methylstigmastane provides evidence for Neoproterozoic animals", *Nature Ecology & Evolution* 2, 1709–1714, 2018; J.P. Botting şi B.J. Nettersheim, „Searching for sponge origins", *Nature Ecology & Evolution* 2, 1685–1686, 2018; Nettersheim *et al.*, „Putative sponges biomarkers in unicellular Rhizaria question an early rise of animals", *Nature Ecology & Evolution* 3, 577–581, 2019.
3. Vezi Tatzel *et al.*, „Late Neoproterozoic seawater oxygenation by siliceous sponges", *Nature Communications* 8, 621, 2017. Nu putem să nu ne gândim la ultima carte a lui Darwin, *The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms*, publicată în 1881, nu cu mult înainte de moartea marelui savant. Cu greu s-ar putea găsi o carte cu un titlu mai puţin atractiv, deşi, acestea fiind spuse, eu am găsit cândva pe rafturile de cărţi trimise la revista *Nature* pentru a fi recenzate un tom mare, intitulat *Activated Sludge*. Dar mă abat de la subiect. *Worms* (aşa cum este de regulă cunoscută printre experţii în Darwin) demonstrează cum acţiunea viermilor de pământ care răscolesc solul poate, de-a lungul

unor perioade imense de timp, să transforme peisajul. Dat fiind că această cărticică adună marile teme ale timpului şi schimbărilor pricinuite de acesta care dominaseră viaţa lui Darwin într-un volum accesibil, ce putea fi înţeles de toată lumea, *Worms* este o încununare perfectă a geniului său. Şi pentru că era Darwin, el a măsurat practic efectele viermilor înregistrând cât timp i-a trebuit unei pietre aşezate pe pajiştea din spatele casei sale să se afunde în pământ ca urmare a acţiunii viermilor care afânau solul de dedesubt.

4. Tehnic vorbind, termenul plancton se referă mai degrabă la o parte a oceanului decât la organismele care trăiesc în el. Planctonul este stratul luminat de soare de la suprafaţa oceanului, bogat în oxigen produs de alge fotosintetice, şi comunităţile de animale care se hrănesc cu alge şi se mănâncă unele pe altele. Multe animale care trăiesc pe fundul oceanului ca adulţi (inclusiv spongierii) au larve ce trăiesc în plancton.
5. Vezi Logan *et al*., „Terminal Proterozoic reorganization of biogeochemical cycles", *Nature* 376, 53–56. 1995.
6. Vezi Brocks *et al*., „The rise of algae in Cryogenic oceans and the emergence of animals", *Nature* 548, 578–581, 2017.
7. Această aşa-numită faună Ediacaran şi-a luat numele de la lanţul de coline din Australia de Sud, unde au fost descoperite primele fosile din acea epocă. De atunci încoace, fosile Ediacaran au fost găsite în diverse locuri din lume, din îngheţata Rusie Arctică, Newfoundland-ul bătut de vânturi şi deşerturile Namibiei până în împrejurimile relativ blânde ale Angliei centrale.
8. În prezent, se crede că *Dickinsonia* a fost un fel de animal, deşi nu e clar de ce fel. Vezi Bobrovskiy *et al*., „Ancient steroids establish the Ediacaran fossil *Dickinsonia* as one of the earliest animals", *Science* 361, 1246–1249, 2018.
9. Vezi Fedonkin şi Waggoner, „The Late Precambrian fossil *Kimberella* is a mollusc-like bilaterian organism", *Nature* 388, 868–871, 1997.
10. Vezi Mitchell *et al*., „Reconstructing the reproductive mode of an Ediacaran macro-organism", *Nature* 524, 343–346, 2015.
11. Gregory Retallack a sugerat că unele animale din Ediacaran au trăit pe uscat, o afirmaţie care este, să spunem aşa, controversată. Vezi G.J. Retallack, „Ediacaran life on land", *Nature* 493, 89–92, 2013; S. Xiao şi L.P. Knauth, „Fossils come in to land", *Nature* 493, 28–29, 2013.
12. Vezi Chen *et al*., „Death march of a segmented and trilobite bilaterian elucidates early animal evolution", *Nature* 573, 412–415, 2019.
13. Părţile tari ale animalelor sunt invariabil alcătuite din compuşi de calciu. La scoici, din carbonat de calciu. La animalele cu coloană vertebrală, precum peştii şi oamenii, din fosfat de calciu. Vezi S.E. Peters şi R.R. Gaines, „Formation of the «Great Unconformity» as a trigger for the Cambrian Explosion", *Nature* 484, 363–366, 2012.

14. S-a aflat foarte greu ce fel de animale au creat scheletele conice stivuite numite *Cloudinia*. Prezervarea rară de țesut moale sugerează că ele au fost create de animale asemănătoare viermilor cu intestine: Schiffbauer *et al*., „Discovery of bilaterian-type through-guts in cloudinomorphs from the terminal Edicaran Period”, *Nature Communications* 11, 205, 2020.
15. Vezi S. Bengston şi Y. Zhao, „Predatorial borings in late Precambrian mineralized exoskeletons”, *Science* 257, 367–369, 1992.
16. Artropodele cuprind de departe cel mai de succes grup de animale. El include insectele şi verii lor marini, crustaceele; milipedele şi centipedele; păianjenii, scorpionii, acarienii şi căpuşele, precum şi cele mai obscure pycnogonide (păianjenii-de-mare) şi xifosura (crabii-potcoavă), şi o mulțime de forme dispărute, precum eurypteridele, şi, desigur, trilobiții. Veri apropiați ai artropodelor sunt ciudatele onicofore sau viermi mătăsoşi, creaturi modeste întâlnite astăzi în frunzişul putrezit de pe solul pădurilor tropicale, dar care cândva au avut o nobilă istorie marină; şi tardigradele sau ursuleți-de-apă – mici creaturi întâlnite trăind printre licheni şi muşchi, neobişnuit de atrăgătoare pentru că sunt practic indestructibile, fiind capabile să reziste la fierbere, înghețare şi vidul spațial. În cazul în care cineva de la Marvel sau DC Comics citeşte asta, să ştiți că ați ratat o ocazie neinventând Omul Tardigrad. Luați ideea, v-o dau gratis.
17. *Tamisiocaris*, o rudă a lui *Anomalocaris*, pare să fi fost mai paşnic, dezvoltând pe apendicele sale frontale în formă de gheare nişte peri asemănători unor franjuri adaptați pentru colectarea planctonului, funcționând precum fanoanele unei balene sau spinii branhiali ai rechinului pelerin (Vinther *et al*., „A suspension-feeding anomalocarid from the Early Cambrian”, *Nature* 507, 496–499, 2014). Spre deosebire de multe forme cambriene, anomalocarididele au supraviețuit în Ordovician, perioadă în care speciile ce se hrăneau prin filtrare au ajuns la imensa dimensiune de doi metri (Van Roy *et al*., „Anomalocaridid trunk limb homology revealed by a giant filter-feeder with paired flaps”, *Nature* 522, 77–80, 2015).
18. Acest lucru este poate mai puțin adevărat astăzi decât a fost în anii 1980, când Stephen Jay Gould a scris *Wonderful Life*, oda sa închinată Şistului Burgess, o carte care a adus în centrul atenției publice această perspectivă asupra vieții oceanice timpurii. Gould a sugerat că multe dintre animalele de la Burgess nu aveau niciun fel de rude apropiate printre animalele care trăiesc astăzi.
19. Vezi Zhang *et al*., „New reconstruction of the *Wiwaxia* scleritome, with data from Chenjiang juveniles”, *Scientific Reports* 5, 14810, 2015.
20. Vezi Caron *et al*., „A soft-bodied mollusc with radula from the Middle Cambrian Burgess Shales”, *Nature* 442, 159–163, 2006; S. Bengtson, „A ghost with a bite”, *Nature* 442, 146–147, 2006.

21. Vezi M.R. Smith şi J.-B. Caron, „Primitive soft-bodied cephalopods from the Cambrian”, *Nature* 465, 469–472, 2010; S. Bengtson, „A little Kraken wakes”, *Nature* 465, 427–428, 2010.
22. Vezi, de exemplu, Ma *et al*., „Complex brain and optic lobes in an early Cambrian arthropod”, *Nature* 490, 258–261, 2012. Acest lucru este, evident, controversat – unii cercetători sugerează că sistemul nervos reconstruit al *Fuxianhuia* este mai mult virtual decât real şi rezultă mai curând din halourile bacteriene rămase în urma descompunerii organelor interne. Vezi Liu *et al*., „Microbial decay analysis challenges interpretation of putative organ systems in Cambrian fuxianhuiids*”, Proceedings of the Royal Society of London B*, 285: 20180051. http://dex.doi.org/10.1098/rspb.2018.005.
23. Pentru o perspectivă nuanţată a tranziţiei dintre Ediacaran şi Cambrian, vezi Wood *et al*., „Integrated records of environmental change and evolution challenge the Cambrian Explosion”, *Nature Ecology & Evolution* 3, 528–538, 2019.
24. Deşi ar trebui să adăugăm că multe tipuri de animale cunoscute astăzi au arhive fosile care sunt fie insuficiente, fie lipsesc cu desăvârşire. Multe dintre acestea vor fi fost paraziţi cu corp moale. Arhiva fosilă a nematopodelor, sau viermii rotunzi, este aproape (dar nu complet) goală. Nu există niciun fel de urme cu privire la teniile fosile.

3. APARE COLOANA VERTEBRALĂ

1. Vezi Han *et al*., „Meiofaunal deuterostomes from the basal Cambrian of Shaanxi (China)”, *Nature* 542, 228–231, 2017. Deşi *Saccorhytus* este real, anatomia sa internă descrisă aici este complet ipotetică şi o mare parte din istoria timpurie a vertebratelor este un subiect de discuţie. Una dintre cele mai controversate chestiuni este dacă ciudatele animale cunoscute sub numele de vetulicolieni – le vom întâlni puţin mai târziu – aveau notocord. Pentru povestea completă, inclusiv toate obiecţiile, vă invit să citiţi cartea mea *Across the Bridge: Understanding the Origin of the Vertebrates* (Chicago: University of Chicago Press, 2018).
2. Vezi Shu *et al*., „Primitive deuterostomes from the Chengjiang Lagerstätte (Lower Cambrian, China)”, *Nature* 414, 419–424, 2001, la care am reacţionat într-un comentariu însoţitor: H. Gee, „On being vetulicolian”, *Nature* 414, 407–409, 2001.
3. Am văzut asta realizată frumos la Muzeul de Istorie Naturală din Shanghai, într-o dioramă animată 3–D care a adus la viaţă Biota Chengjiang din sudul Chinei în Cambrian. Printre multe alte minuni, ea înfăţişa un banc de vetulicolieni zburând prin apă.
4. Aceasta este interpretarea preferată de Chen *et al.* („A possible early Cambrian chordate”, *Nature* 377, 720–722, 1995; „An early Cambrian craniate-like chordate”, *Nature* 402, 518–522, 1999), deşi sunt posibile şi

alte interpretări, după cum este adesea cazul fosilelor ciudate şi vechi. Vezi, de exemplu, Shu *et al.*, „Reinterpretation of *Yunnanozoon* as the earliest known hemichordate", *Nature* 380, 428–430, 1996.

5. Vezi S. Conway Morris şi J.-B. Caron, „*Pikaia gracilens* Walcott, a stem-group chordate from the Middle Cambrian of British Columbia", *Biological Reviews*, 87, 480–512, 2012.
6. Shu *et al.*, „A *Pikaia*-like chordate from the Lower Cambrian of China", *Nature* 384, 157–158, 1996.
7. Faptul că forma corpului vertebrat a fost, în esenţă, o alianţă dificilă între două zone foarte diferite – un faringe pentru hrănire şi o coadă pentru mişcare – a fost înţeles de Alfred Sherwood Romer într-o lucrare dificilă, dar vizionară, „The vertebrate as a dual animal – somatic and visceral", *Evolutionary Biology* 6, 121–156, 1972.
8. Chen *et al.*, „The first tunicate from the Early Cambrian of China", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100, 8314–8318, 2003. Tunicatele rămân un grup de animale trecute cu vederea, dar de foarte mare succes până în ziua de azi. Unele s-au abătut de la ciclul de viaţă descris în text. La unele specii, larva devine matură în timp ce este încă mobilă. Acestea, salpele şi larvaceii au devenit importante în ecologia oceanelor. Larvaceii pot fi mici, dar fiecare îşi construieşte din mucus o „casă" complicată; aceste structuri remarcabil de complexe sunt părţi importante ale ciclului oceanic al carbonului. Fragilitatea lor şi faptul că sunt amplasate în locuri greu accesibile au reprezentat provocări imense pentru a ne forma o idee despre ele, lucru care abia recent a devenit posibil (vezi Katija *et al.*, „Revealing enigmatic mucus structures in the deep sea using DeepPIV", *Nature* 583, 78–82, 2002). Însă alte tunicate au devenit coloniale, sute sau mii de indivizi contopiţi într-un singur superorganism, fie ancorat într-un loc, fie plutind în apă. Pirozomii, de pildă, formează colonii uriaşe, plutitoare, în formă de trompetă. Deşi fiecare individ este minuscul, colonia poate fi suficient de mare pentru ca scafandrii să înoate în interiorul ei. Unele tunicate se pot reproduce asexuat, prin înmugurire. Altele au o viaţă sexuală foarte complexă. Viaţa unei tunicate este un lung şi liber paradis marin.
9. Mă rog, *aproape* toate. Unele tunicate au devenit carnivore, un mod de viaţă pe care, oricât ar părea de nepotrivit, unele creaturi îl găsesc tentant. Toată lumea ştie că există plante carnivore. Şi, tocmai când te gândeai că te poţi întoarce în cadă în deplină siguranţă, uite că există şi bureţi carnivori (J. Vacelet şi N. Boury-Esnault, „Carnivorous sponges", *Nature* 373, 333–335, 1995.)
10. Cu excepţia pisicilor.
11. La peşti (adică la vertebratele acvatice), acesta este linia laterală. La vertebratele terestre (adică la tetrapode), el a fost redus la sistemul

vestibular al urechii interne ale cărui mişcări ne oferă axa verticală şi simţul de orientare în mediu.

12. S. Conway Morris şi J.-B. Caron, „A primitive fish from Cambrian of North America”, *Nature* 512, 419–422, 2014.
13. Shu *et al*., „Lower Cambrian vertebrates from south China”, *Nature* 402, 42–46, 1999.
14. Transformarea dintr-un faringe filtrant într-un set de branhii ar putea părea drastică, şi aşa şi este. Cu toate acestea, ea e realizată chiar şi în prezent de o vertebrată – larva de lamprea. Larva, numită amocoetă, îşi petrece viaţa asemenea unui amfiox, îngropată cu coada în sediment. În final, ea se metamorfozează şi faringele filtrant se transformă în faringele prădătorului adult. Lampreele, ca şi verii lor, mixinele (care, după câte se ştie, nu au stadii larvare de hrănire prin filtrare), se aseamănă cu primii peştii prin aceea că au un corp complet moale, susţinut de un notocord elastic, şi nu au fălci. Gurile lor sunt pline de dinţi făcuţi dintr-o substanţă cornoasă. Lampreele şi mixinele sunt prădători notorii, dovedind că absenţa fălcilor nu reprezintă o barieră pentru a trăi ca vânător.
15. Cum de-au ajuns vertebratele atât de mari, şi mai ales mecanismul care a provocat această creştere, este un mister. Există două răspunsuri posibile, care nu se exclud reciproc. Primul este că, la un moment dat în genealogia vertebratelor, genomul (totalitatea materialului genetic) a fost duplicat, şi apoi duplicat din nou. Deşi multe dintre genele duplicate s-au pierdut ulterior, vertebratele au de două ori mai multe gene decât nevertebratele. Al doilea este că vertebratele embrionare au un ţesut numit „creastă neurală”. Aceasta constă dintr-un grup de celule care migrează de la sistemul nervos central în curs de dezvoltare şi se răspândesc în corp, transformând – parcă cu praf magic de zâne – în ceva nou părţi altfel banale ale corpului. Fără creasta neurală, vertebratele nu ar avea piele, faţă, ochi sau urechi. Creasta neurală creează de asemenea o lungă listă de alte lucruri, de la glandele suprarenale până la părţi ale inimii. E posibil ca această creştere în complexitate provocată de creasta neurală să fi condus la dimensiunea mare (vezi Green *et al*., „Evolution of vertebrates as viewed from the crest”, *Nature* 520, 474–482, 2015). Amfioxul este remarcabil pentru absenţa crestei neurale, deşi există indicii ale acesteia la tunicate (vezi Horie *et al*., „Shared evolutionary origin of vertebrate neural crest and cranial placodes”, *Nature* 560, 228–232, 2018; Abitua *et al*., „Identification of a rudimentary neural crest in a non-vertebrate chordate”, *Nature* 492, 104–107, 2012).
16. Cel mai mare nevertebrat cunoscut este calamarul colosal (*Mesonychoteuthis hamiltoni*), considerat a avea o greutate de aproximativ 750 de kilograme, comparabilă cu cea a unui urs mare. Cel mai mic

nevertebrat cunoscut, în ceea ce priveşte lungimea, este, probabil, *Paedophryne amauensis*, o broscuţă din Noua Guinee care măsoară în jur de 7,7 milimetri, deşi greutatea ei nu e cunoscută. Din punct de vedere al greutăţii, cele mai mici mamifere sunt chiţcanul pitic cu dinţi albi *Suncus etruscans* (mai puţin de 2,6 grame) şi liliacul-bondar *Craseonycteris thonglongyai* (mai puţin de două grame). Ar fi nevoie de 375 000 de lilieci-bondar pentru a cântări cât un calamar colosal.

17. Pentru o introducere în registrul fosil al vertebratelor timpurii, vezi P. Janvier, „Facts and fancies about early fossil chordates and vertebrates”, *Nature* 520, 483–489, 2015.
18. Mă rog, aproape. Unele animale asemănătoare cu scoicile, numite brahiopode, au cochilii din fosfat de calciu. Şi chiar şi astăzi vertebratele au anumite ţesuturi care sunt întărite cu carbonat de calciu – acestea sunt „otoliţii” sau „pietrele urechii”, întâlniţi în urechile peştilor şi în urechea noastră internă, unde ajută la simţul echilibrului.
19. Nu se ştie de ce vertebratele au ales fosfatul de calciu în locul carbonatului de calciu. Cu toate acestea, fosfatul este un nutrient vital care, spre deosebire de omniprezentul carbon, se găseşte uneori în cantităţi mici în mare. S-ar putea ca vertebratele să fi folosit carbonat de calciu atât ca pe un depozit de fosfat, cât şi ca pe un mijloc de apărare. Fosfatul este un ingredient esenţial al materialului genetic, ADN-ul. Animalele mari, cu metabolism rapid – precum vertebratele – au nevoie de un mai mare acces la fosfat decât cele mai mici, mai relaxate, iar asta s-ar putea să fi determinat folosirea fosfatului de calciu – atât ca depozit, cât şi ca armură.
20. Vezi A.S. Romer, „Eurypterid influence on vertebrate history”, *Science* 78, 114–117, 1933.
21. Vezi Braddy *et al*., „Giant claw reveals the largest ever arthropod”, *Biology Letters* 4, doi/10.1098/rsbl.2007.0491, 2007. Este terifiant să te gândeşti că *Jaekelopterus* a avut rude care veneau uneori pe uscat şi umblau după pradă prin pădurile întunecate ale acelei epoci ciudate: vezi M. White, „A Gigantic fossil arthropod trackway”, *Nature* 438, 576, 2005.
22. Vezi M.H. Wilson şi M.W. Caldwell, „New Silurian and Devonian fork-tailed «thelodonts» are jawless vertebrates with stomachs and deep bodies”, *Nature* 361, 442–444, 1993.
23. Există o malformaţie congenitală rară, numită *ciclopie*, în care faţa are un singur ochi median, nu există nas, iar creierul nu este împărţit în emisfere, dreaptă şi stângă. Fetuşii cu acest defect se nasc aproape întotdeauna morţi şi, dacă nu se întâmplă aşa, nu supravieţuiesc mai mult de câteva ore. Această situaţie dureroasă este rezultatul incapacităţii creierului de a se diviza în două jumătăţi şi a feţei de a se lăţi, şi s-ar putea să fie ceva ce s-a păstrat din stadiile timpurii ale evoluţiei faciale.

24. Gai *et al*., „Fossil jawless fish from China foreshadows early jawed vertebrate anatomy”, *Nature* 476, 324–327, 2011.
25. Pentru un ghid util privind evoluția timpurie a vertebratelor cu fălci, vezi M.D. Brazeau şi M. Friedman, „The origin and early phylogenetic history of jawed vertebrates”, *Nature* 520, 490–497, 2015.
26. Vertebratele cu fălci, aşadar, au două perechi de aripioare pereche, patru aripioare în total, strămoşii braţelor şi picioarelor noastre. Nu se ştie de ce noi avem două perechi în loc de trei sau patru sau chiar deloc. Aripioarele pereche se adaugă aripioarelor mediane nepereche, precum aripioarele dorsală, anală şi caudală întâlnite la mulți peşti.
27. Or fi fost placodermii fără dinți, dar în dormitor nu au fost leneşi. Există numeroase dovezi fosile că placodermii aveau fertilizare internă şi chiar năşteau pui vii, aşa cum o fac astăzi unele specii de rechini. Vezi, de exemplu, J.A. Long *et al.,* „Copulation in antiarch placoderms and the origin of gnathostome internal fertilization”, *Nature* 517, 196–199, 2015.
28. Asta nu înseamnă că evoluția mergea înapoi, ci doar că o mare parte din istoria placodermilor rămâne să fie descoperită şi zace probabil, încă netulburată, în rocile Silurianului timpuriu. Acelaşi lucru e valabil şi pentru peştii osoşi timpurii, descoperiți în aceleaşi depozite siluriene din sudul Chinei. Pentru detalii despre *Entelognathus*, vezi M. Zhu *et al*., „A Silurian placoderm with osteichthyan-like marginal jaw bones”, *Nature* 502, 188–193, 2013; şi M. Friedman şi M.D. Brazeau, „A jaw-dropping fossil fish”, *Nature* 502, 175–177, 2013.
29. Mă rog, aproape toți. Până şi un peşte osos atât de avansat, precum celacantul, îşi păstrează notocordul pe toată durata vieții, de parcă ar fi o lampree sau o mixină.
30. Cutiile craniene cartilaginoase ale acantodienilor s-au păstrat extrem de rar. Cu toate acestea, se ştiu destul de multe despre craniile formei devoniene *Ptomachantus* şi ale formei permiene *Acanthodes* pentru a demonstra existența unei legături cu rechinii. Vezi M.D. Brazeau, „The braincase and jaws of a Devonian «acanthodian» and modern gnathostome origins”, *Nature* 457, 305–308, 2009; şi S.P. Davis *et al.,* „*Acanthodes* and shark-like conditions in the last common ancestor of modern gnathostomes”, *Nature* 486, 247–250, 2012).
31. Zhu *et al*., „The oldest articulated osteichthyan reveals mosaic gnathostome characters”, *Nature* 458, 469–474, 2009.

4. INVAZIA USCATULUI

1. Vezi Strother *et al*., „Earth’s earliest non-marine eukaryotes”, *Nature* 473, 505–509, 2011.
2. Vezi G. Retallack, „Ediacaran life on land”, *Nature* 493, 89–92, 2013.
3. În ceea ce este astăzi estul Americii de Nord.

4. Dâra se numeşte *Climactichnites* – creatorul său, probabil ceva asemănător cu un melc gigant. Vezi P.R. Getty şi J.W. Hagadorn, „Palaeobiology of the *Climactichnites* tracemaker”*, Paleontology* 52, 753–778, 2009.
5. Pentru o bună prezentare generală a istoriei timpurii a vieții pe uscat, vezi W.A. Shear, „The early development of terrestrial ecosystems” (*Nature* 351, 283–289, 1991).
6. Acesta a fost Marele Eveniment de Biodiversificare Ordoviciană (MEBO). Pentru o introducere în această perioadă fecundă din istoria vieții, vezi T. Servais şi D.T. Harper, „The Great Ordovician Biodiversification Event (GOBE): definition, concept and duration”, *Lethaia* 51, 151–164, 2018.
7. Vezi Simon *et al*., „Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants”, *Nature* 363, 67–69, 1993.
8. Pentru o excelentă şi foarte detaliată descriere a plantelor din pădurile cele mai vechi, vezi *Carboniferous Giants and Mass Extinction: The Late Paleozoic Ice Age World* de George R. McGhee, Jr. (New York: Columbia University Press, 2018).
9. Vezi Stein *et al*., „Giant cladoxylopsid trees resolve the enigma of the Earth’s earliest forest stumps at Gilboa”, *Nature* 446, 904–907, 2007.
10. Acest lucru este complet speculativ. Dar, dat fiind că placodermii avansați şi chiar unii membri ai grupurilor moderne de peşti apăruseră în Silurian, s-ar putea ca asta să nu fie o exagerare prea mare.
11. Vezi Zhu *et al*., „Earliest known coelacanth skull extends the range of anatomically modern coelacanths to the Early Devonian”, *Nature Communications* 3, 772, 2012.
12. Vezi P.L. Forey, „Golden jubilee for the coelacanth *Latimeria chalumnae*”, *Nature* 336, 727–732, 1988.
13. Vezi Erdmann *et al*., „Indonesian «king of the sea» discovered”, *Nature* 395, 335, 1998.
14. Peştele australian dotat cu plămâni are cel mai mare genom dintre toate animalele cunoscute, de 14 ori mai mare decât al oamenilor. Deşi similar genoamelor tetrapodelor, el este plin de rămăşițe adunate în timpul lungii sale istorii evolutive. Vezi Meyer *et al*., „Giant lungfish genome elucidates the conquest of the land by vertebrates”, *Nature* 590, 284–289, 2021.
15. Vezi Daeschler *et al*., „A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan”, Nature 440, 757–763, 2006.
16. Vezi Cloutier *et al*., „*Elpistostege* and the origin of the vertebrate hand”, *Nature* 579, 549–554, 2020.
17. Vezi Niedzwiedzki *et al*., „Tetrapod trackways from the early Middle Devonian period of Poland”, *Nature* 463, 43–48, 2010.
18. Sau măcar ca Ursula Andress în *Dr. No*.

19. Vezi Goedert *et al*., „Euryhaline ecology of early tertapods revealed by stable isotopes”, *Nature* 558, 68–72, 2018. Pare foarte ciudat să ne gândim la cele mai timpurii tetrapode – amfibieni, în principiu – ca apărând direct din mare, dat fiind că majoritatea amfibienilor cu care suntem obişnuiţi trăiesc în apă dulce. Cu toate acestea, destui amfibieni trăiesc în habitate uneori sărate, precum mlaştinile de mangrove, chiar şi în ziua de azi: vezi G.R. Hopkins şi E.D. Brodie, „Occurrence of amphibians in saline habitats: A Review and Evolutionary Perspective”, *Herpetological Monographs* 29, 1–27, 2015.
20. Vezi C.W. Stearn, „Effect of the Frasnian-Famennian extinction event on the stromatoporoids”, *Geology* 15, 677–679, 1987.
21. Vezi P.E. Ahlberg, „Potential stem-tetrapod remains from the Devonian of Scat Craig, Morayshire, Scotland”, *Zoological Journal of the Linnean Society of London* 122, 99–141, 2008.
22. Vezi Ahlberg *et al*., „*Ventastega curonica* and the origin of tetrapod morphology”, *Nature* 453, 1199–1204, 2008.
23. Vezi O.A. Lebedev, [The first find of a Devonian tetrapod in USSR] *Doklady Akad. Nauk. SSSR*. 278: 1407–1413, 1984 (în rusă).
24. Vezi Beznosov *et al*., „Morphology of the earliest reconstructable tetrapod *Parmastega aelidae*”, *Nature* 574, 527–531, 2019; N.B. Fröbisch şi F. Witzmann, „Early tetrapods had an eye on the land”, *Nature* 574, 494–495, 2019.
25. Vezi Ahlberg *et al*., „The axial skeleton of the Devonian tetrapod *Ichthyostega*”, *Nature* 437, 137–140, 2005.
26. „Fish-like gills and breathing in the earliest known tetrapod”, *Nature* 352, 234–236, 1991.
27. Vezi Daeschler *et al*., „A Devonian Tetrapod from North America”, *Science* 265, 639–642, 1994.
28. Vezi M.I. Coates şi J.A. Clack, „Polydactyly in the earliest known tetrapod limbs”, *Nature* 347, 66–69, 1990.
29. Vezi Clack *et al*., „Phylogenetic and environmental context of a Tournaisian tetrapod fauna”, *Nature Ecology & Evolution* 1, 0002, 2016.
30. Vezi J.A. Clack, „A new Early Carboniferous tetrapod with a mélange of crown-group characters”, *Nature* 394, 66–69, 1998.
31. Vezi T.R. Smithson, „The earliest known reptile”, *Nature* 342, 676–678, 1989; T.R. Smithson şi W.D.I. Rolfe, „*Westlothiana* gen. nov.: naming the earliest known reptile”, *Scottish Journal of Geology* 26, 137–138, 1990.

5. RIDICAŢI-VĂ, AMNIOTE

1. Vezi Yao *et al*., „Global microbial carbonate profileration after the end-Devonian mass extinction: mainly controlled by demise of skeletal bioconstructors”, *Scientific Reports* 6, 39694, 2016.

2. Vezi J.A. Clack, „An early tetrapod from Romer's Gap, *Nature* 418, 72–76, 2002.
3. Vezi Clack *et al*., „Phylogenetic and environmental context of a Tournaisian tetrapod fauna", *Nature Ecology & Evolution* 1, 0002, 2016.
4. Vezi Smithson *et al*., „Earliest Carboniferous tetrapod and arthropod faunas from Scotland populate *Romer's Gap*", *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 109, 4532–4537, 2012.
5. Vezi Pardo *et al*., „Hidden morphological diversity among early tetrapods", *Nature* 546, 642–645, 2017.
6. Ba chiar foarte încet – s-ar putea să fi durat câțiva ani.
7. Acele insecte care par să aibă o singură pereche de aripi au o a doua pereche într-o formă deghizată. La gândaci, perechea de aripi din față s-a transformat în acoperitoare dure ale aripilor. La muşte, a doua pereche de aripi s-a redus la o pereche de organe minuscule ce se rotesc rapid şi servesc ca giroscoape, fiind responsabile pentru legendara lor maniabilitate şi explicând de ce sunt atât de greu de lovit cu ziarul făcut sul.
8. Vezi A. Ross, „Insect Evolution: the Origin of Wings", *Current Biology* 27, R103–R122, 2016. Din păcate, paleodictiopterele nu mai există – ele au dispărut la sfârşitul Permianului, odată cu pădurile care le hrăneau.
9. Pentru descrierile vii şi detaliate ale vieții în marile păduri de cărbune îi sunt îndatorat cărții lui George McGhee, Jr., *The Carboniferous Giants and Mass Extinction* (Columbia University Press, 2018).
10. O perspectivă dramatică asupra vieții în Carboniferul timpuriu, chiar la începuturile marilor păduri de cărbune, provine dintr-o carieră de calcar din East Kirkton, lângă Edinburgh, Scoția. Cu aproximativ 330 de milioane de ani în urmă, se afla aproape de Ecuator şi a păstrat uluitoare fosile de amfibieni timpuri, amniote (şi rudele lor apropiate), precum şi artropode, de exemplu, milipede, scorpioni, cel mai vechi păianjen cosaş cunoscut, şi fragmente de eurypteride gigant. Comoara a fost un efect al condițiilor geologice neobişnuite: zona a fost activă din punct de vedere geologic, cu izvoare termale – care trebuie să fi fost ostile vieții acvatice – şi, în apropiere, cu vulcani activi care, din când în când, acopereau totul cu cenuşă fierbinte. În acelaşi timp, exista foarte mult noroi negru, moale şi lipsit de oxigen în care creaturile puteau fi conservate aproape intacte. Nu existau peşti. Pentru geologie şi o trecere în revistă vezi Wood *et al*., „A terrestrial fauna from the Scottish Lower Carboniferous", *Nature* 314, 355–356, 1985; A.R. Milner, „Scottish window on terrestrial life in the early Carboniferous", *Nature* 314, 320–321, 1985). În afară de cvasi-amniota *Westlothiana* şi multe alte forme, East Kirkton a scos la iveală un bafetid – un membru al unui grup de animale care nu era nici amniot, nici amfibian, ilustrând faptul că, la vremea aceea, era greu,

doar privindu-l, să-ți dai seama care creatură aparținea cărui grup. Şi nu ştim care dintre ele depunea ouă şi de ce fel, sau dacă a existat vreo formă intermediară între oul amfibian şi oul amniot. Acea creatură a fost numită, cu referire la mediu său, *Eucritta melanolimnetes* – Creatura din Laguna Neagră (J.A. Clack, „A new early Carboniferous tetrapod with a mélange of crown-group characters", *Nature* 394, 66–69, 1998).

11. Deşi m-am aventurat în speculații aici, amfibienii moderni au adoptat toate aceste strategii şi multe altele, aşa că este rezonabil să sugerăm că rudele lor dispărute au procedat cam la fel.
12. Noi, oamenii, nu depunem ouă, dar păstrăm diverse membrane, inclusiv amniosul. Acesta este sacul în care se dezvoltă fetusul. Când o viitoare mamă anunță că „i s-a rupt apa", asta înseamnă ruptura sacului amniotic, eveniment care este urmat în scurtă vreme de eclozare. Sau, în cazul nostru, de naştere.
13. Chiar şi cojile ouălor de dinozauri aveau aspect de piele; la fel şi cele mai mari ouă fosile cunoscute, probabil depuse de o reptilă marină. Vezi Norell *et al*., „The first finosaur egg was soft", *Nature* doi.org/10.1038/s41586–020–2412–8, 2020; Legendre *et al*., „A giant soft-shelled egg from the Late Cretaceous of Antarctica", *Nature* doi.org/10.1038/s41586–020–2377–7, 2020; J. Lindgren şi B.P. Kear, „Hard evidence from soft fossil eggs", *Nature* doi.org/10.1038/s41586–020–01732–8, 2020.
14. Pentru mult mai multe detalii despre formarea supercontinentului Pangeea şi consecințele acestei formări, mai ales colapsul aproape total al vieții la sfârşitul Permianului, vezi cartea lui Ted Nield *Supercontinent* (London: Granta, 2007) şi cea a lui Michael J. Benton *When Life Nearly Died* (London: Thames & Hudson, 2003).
15. Vezi Sahney *et al*., „Rainforest Collapse triggered Carboniferous tetrapod diversification in Euramerica", *Geology* 38, 1079–1082, 2010.
16. Vezi M. Laurin şi R. Reisz, „*Tetraceratops* is the earliest known therapsid", *Nature* 345, 249–250, 1990.
17. Complet distincte de „teropside".
18. Coloanele de magmă sunt diferite de coliziunile obişnuite produse de către deriva continentală. Ele apar din adâncurile Pământului, acolo unde mantaua întâlneşte nucleul. Anomaliile termice locale fac ca magma să se ridice până când întâlneşte scoarța pe care o topeşte. Câteva caracteristici notabile ale Pământului din ziua de azi sunt provocate de coloanele de magmă, de pildă în Islanda (unde coloana se întâmplă să coincidă cu un centru de emisie a magmei aflat în mijlocul oceanului) şi Hawaii (unde coloana a ieşit la suprafață în centrul unei plăci tectonice). Coloanele dăinuie milioane de ani, dar nu sunt întotdeauna active. Asta înseamnă că o coloană statică aflată sub o placă tectonică în mişcare poate crea un lanț de insule cu vârste din ce în ce

mai mari – precum acul unei maşini de cusut care creează un lanţ de cusături într-o bucată de material aflat în mişcare. De exemplu, Placa Pacificului s-a mişcat încet către nord-vest peste manta creând un lanţ de insule care sunt tot mai vechi pe măsură ce te îndepărtezi de punctul fierbinte al coloanei. Asta înseamnă că Marea Insulă din Hawaii, din capătul sud-estic al lanțului, stă perpendicular pe coloană şi este încă activă din punct de vedere vulcanic; vulcanii din insulele din nord-vest, precum Maui şi Oahu, sunt adormiți sau stinşi, iar insulele devin din ce în ce mai mici şi mai erodate pe măsură ce ne îndepărtăm şi mai mult către nord-vest, pentru a sfârşi sub forma unor mici atoli, precum Laysan şi Midway, la extremități. Aceste ultime insule au fost cândva la fel de mari şi de spectaculoase ca insula Hawaii însăşi, dar placa în mişcare, întâlnind coloana, îşi continuă drumul, lăsând timpul şi clima să deterioreze dovezile trecerii sale. Insula Mare se va dezintegra lent, pe măsură ce placa alunecă în continuare spre nord-vest, iar activitatea vulcanică se va concentra în muntele submarin Lo'ihi, care se ridică la 975 de metri deasupra valurilor, în apropiere de țărmul sud-estic al Insulei Mari.

19. Acesta este fenomenul cunoscut sub numele de „albirea coralilor", observabil astăzi ca o consecință a concentrației actuale crescute a bioxidului de carbon din atmosferă.
20. Toate recifele moderne de corali sunt constituite dintr-un alt gen de coral pietros care s-a dezvoltat în Triasic. Coralii rugoşi şi netezi – diversitatea lor şi diversitatea pe care au susținut-o – nu sunt decât amintiri fosilizate.
21. Grasby *et al*., „Toxic mercury pulses into late Permian terrestrial and marine environments", *Geology* doi.org/10.1130/G47295.1, 2020.
22. Stelele-de-mare cu pene sunt formele libere ale crinilor-de-mare (crinoidelor) întâlniți astăzi mai ales la adâncimi mari.
23. Povestea lui *Miocidaris*, ultimul gen de arici-de-mare, este spusă de Erwin în „The Permo-Triassic Extinction", *Nature* 367, 231–236, 1994.

6. TRIASIC PARK

1. Dinozaurii, care au apărut către sfârşitul Triasicului, ţin mereu capul de afiş în orice discuție despre viața preistorică. E păcat, deoarece, cu excepția mărimii brute, gama de forme reptiliene care au trăit în Triasic a fost egala dinozaurilor în ceea ce priveşte diversitatea şi, din perspectiva noastră, stranietatea. Acest lucru se reflectă în faptul că există o puzderie de cărți despre dinozauri, însă lucrările despre Triasic sunt mult mai rare. Mă refer în special la excelentul tratat al lui Nicholas Fraser, ilustrat de Douglas Henderson, care este foarte greu de găsit în momentul de față, şi al cărui titlu, *Life In The Triassic*, a trebuit să fie alungat în subtitlu, astfel încât să poată fi anunțat, în mod incitant, ca

Dawn of the Dinosaurs (Bloomington: Indiana University Press, 2006). Eu am făcut rost de un exemplar la mâna a doua; fusese scos din biblioteca publică din Pinellas Park, Florida. Pun pariu că aceasta are şi acum rafturi întregi care gem de cărţi despre dinozauri.

2. Vezi Li *et al*., „An ancestral turtle from the Late Triassic of Southwestern China", *Nature* 456, 497–501, 2008; Reisz şi Head, „Turtle origins out the sea", *Nature* 456, 450–451, 2008.
3. Vezi R. Schoch şi H.-D. Sues, „A Middle Triassic stem-turtle and the evolution of the turtle body plan", *Nature* 523, 584–587, 2015. O reevaluare recentă avansează ideea că *Pappochelys* este mai probabil să fi fost un animal care îşi avea vizuina pe uscat decât un înotător în mare: vezi Schoch *et al*., „Microanatomy of the stem-turtle *Pappochelys rosinae* indicates a predominantly fossorial mode of life and clarifies early steps in the evolution of the shell", *Scientific Reports* 9, 10430, 2019.
4. Vezi Li *et al*., „A Triassic stem turtle with an edentulous beak", *Nature* 560, 476–479, 2018.
5. Vezi Neenan *et al*., „European origin of placodont marine reptiles and the evolution of crushing dentition in Placodontia", *Nature Communications* 4, 1621, 2013.
6. Dacă sunteţi de părere că inventez asta, aveţi doar parţial dreptate. Anatomia drepanozaurilor sfidează descrierea. Ei au fost consideraţi înotători, căţărători în copaci cu cozi prehensile, animale de vizuină – şi, cu craniile lor neobişnuite asemănătoare cu ale păsărilor, rude timpurii ale acestora.
7. Vezi, de exemplu, *Chen et al*., „A small short-necked hupehsuchian from the Lower Triassic of Hubei Province, China", *PLoS ONE* 9, e115244, 2014.
8. Vezi E.L. Nicholls şi M. Manabe, „Giant ichthyosaurus of the Triassic – a new species of Shonisaurus from the Pardonet Formation" (Norian: Late Triassic) of British Columbia", *Journal of Vertebrate Paleontology* 24, 838–849, 2004.
9. Vezi Simões *et al*., „The origin of squamates revealed by a Middle Triassic lizard from the Italian Alps", *Nature* 557, 706–709, 2018.
10. Vezi Caldwell *et al*., „The oldest known snakes from the Middle Jurassic-Lower Cretaceous provide insights on snake evolution", *Nature Communications* 6, 5996, 2015.
11. Vezi M.W. Caldwell şi M.S.Y. Lee, „A snake with legs from the marine Cretaceous of the Middle East", *Nature* 386, 705–709, 1997.
12. Vezi S. Apesteguía şi H. Zaher, „A Cretaceous terrestrial snake with robust hindlimbs and a sacrum", *Nature* 440, 1037–1040, 2006.
13. Strămoşul comun al dinozaurilor şi pterozaurilor s-ar putea să fi fost un animal mai degrabă mic, ceea ce ar putea explica tendinţa, întâlnită la ambele grupuri, de a avea sânge cald şi a fi pufoşi. Vezi Kammerer *et al*.,

„A tiny ornithodiran archosaur from the Triassic of Madagascar and the role of miniaturization in dinosaur and pterosaur ancestry”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* doi.org/10.1073/pnas.1916631117, 2020. Cu toate acestea, descoperirea rădăcinilor filiației pterozaurilor în particular a fost o provocare. Primii pterozauri apar în arhiva fosilă pe deplin formați. Însă un indiciu despre ascendența lor se află în descoperirea unor arhozauri mici, bipezi, numiți lagerpetide. În mod evident, acestea nu puteau zbura, dar au în comun detalii ale anatomiei creierului şi articulațiilor lor exclusiv cu pterozaurii, sugerând că erau mai strâns înrudite cu pterozaurii decât cu alte animale. Vezi Ezcurra *et al*., „Enigmatic dinosaur precursors bridge the gap to the origin of Pterosauria”, *Nature* 588, 445–449, 2020; şi K. Padian, „Closest relative found for pterosaurs, the first flying vertebrates”, *Nature* 588, 400–401, 2020.

14. Găsiți toate astea într-o lucrare minunată, scrisă de C.D. Bramwell şi G.R. Whitfield, intitulată „Biomechanics of *Pteranodon*”, publicată inițial în 1984 în *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 267, http://doi.org/10.1098/rstb.1947.0007. Pe când eram student la Universitatea din Leeds, la începutul anilor 1980, profesorul meu, Robert McNeill Alexander, m-a introdus într-un proiect de cercetare despre reptilele zburătoare. Alexander era expertul numărul unu în biomecanică – ştiința mişcării animalelor –, aşa că disertația mea a fost plină de aerodinamică: portanță, rezistență la înaintare, polari de glisare, ridicare în pantă şi efect de sol. Alexander a fost cel care m-a trimis la lucrarea clasică a lui Bramwell şi Whitfield.
15. Nici liliecii – singurele mamifere existente care mai degrabă zboară decât planează pur şi simplu – nu au stern carenat, precum păsările.
16. Vezi S.J. Nesbitt *et al*., „The earliest bird-line archosaurs and the assembly of the dinosaur body plan”, *Nature* 544, 484–487, 2017.
17. Cel mai vechi silezaur a fost *Asilisaurus*, din Triasicul Mijlociu în Tanzania. Vezi Nesbitt *et al*., „Ecologically distinct dinosaurian sister group shows early diversification of Ornithodira”, *Nature* 464, 95–98, 2010.
18. Vezi Sereno *et al*., „Primitive dinosaur skeleton from Argentina and the early evolution of Dinosauria”, *Nature* 361, 64–66, 1993.

7. DINOZAURI ÎN ZBOR

1. Pentru o analiză detaliată a biomecanicii implicate în tranziția de la mersul biped la zbor, vezi Allen *et al*., „Linking the evolution of body shape and locomotor biomechanics in bird-line archosaurs”, *Nature* 497, 104–107, 2013.

2. Vezi J.F. Bonaparte şi R.A. Coria, „Un nuevo y gigantesco sauropodo titanosaurio de la Formacion Rio Limay (Albiano-Cenomaninano) de la Provincio del Neuquen, Argentina”, *Ameghiniana* 30, 271–282, 1993.
3. Vezi E.A. Coria şi L. Salgado, „A new giant carnivorous dinosaur from the Cretaceous of Patagonia”, *Nature* 377, 224–226, 1995.
4. Pentru a trece la mai mult decât un mers agale, *T. rex* ar fi avut nevoie de membre posterioare imposibil de mari – muşchii extensori ai piciorului său ar fi trebuit să reprezinte 99 % din masa întregului animal –, iar numărul ăsta se referă la *fiecare* picior, nu la amândouă. Vezi J.R. Hutchinson şi M. Garcia, „*Tyrannosaurus* was not a fast runner”, *Nature* 415, 1018–1021, 2002.
5. Vezi Erickson *et al*., „Bite-force estimation for *Tyrannosaurus rex* from tooth-marked bones”, *Nature* 382, 706–708, 1996; P.M. Gignac şi G.M. Erickson „The biomechanics behind extreme osteophagy in *Tyrannosaurus rex*”, *Scientific Reports* 7, 2012, 2017.
6. S-au descoperit fecale fosilizate (coprolite) de dinozauri carnivori gigantici, cel mai probabil de *Tyrannosaurus rex*. Una dintre ele are 44 de centimetri lungime, 13 centimetri lățime şi 16 centimetri înălțime şi cântăreşte peste 7 kilograme, dintre care cam jumătate constau în fragmente de oase. Vezi Chin *et al*., „A king-sized theropod coprolite”, *Nature* 393, 680–682, 1998.
7. Vezi Schachner *et al*., „Unidirectional pulmonary airflow patterns in the savannah monitor lizard”, *Nature* 506, 367–370, 2014.
8. Vezi, de exemplu, P. O'Connor şi L. Claessens, „Basic avian pulmonary design and flow-through ventilation in non-avian theropod dinosaurs”, *Nature* 436, 253–256, 2005, care explică felul cum sacii de aer au penetrat oasele lungi ale *Majungatholus atopus*, un dinozaur carnivor care a trăit în Madagascarul de astăzi.
9. Imaginați-vă un cub de zahăr care măsoară un centimetru pe fiecare latură. Volumul său va fi 1 x 1 x 1 = 1 centimetru cub. Un cub are şase fețe de suprafață egală, astfel încât suprafața cubului nostru de zahăr va fi 6 x 1 x 1 = 6 centimetri pătrați, o proporție de 6:1. Imaginați-vă acum un cub de zahăr care măsoară doi centimetri pe fiecare latură. Volumul a crescut la 2 X 2 x 2 = 8 centimetri cubi, dar suprafața va fi 6 x 2 x 2 = 24 de centimetri pătrați, o proporție de 24:8 sau 3:1. Pe scurt, dublând unitatea de mărime a unui cub, suprafața s-a înjumătățit în raport cu volumul.
10. Gândiți-vă: suprafața totală a unei ființe umane la exterior este între 1,5 şi 2 metri pătrați, dar suprafața perechii de plămâni umani este între 50 şi 75 de metri pătrați.
11. Acest fenomen, cunoscut sub numele de gigantotermie, a fost folosit pentru a explica felul cum animale mari şi aparent cu sânge rece, precum țestoasele pieloase – care pot avea o greutate de peste 900 de

kilograme – îşi pot menţine căldura chiar şi atunci când înoată în mări reci. Vezi Paladino *et al*., „Metabolism of leatherback turtles, gigantothermy, and the thermoregulation of dinosaurs”, *Nature* 344, 858–860, 1990.

12. Pentru o discuţie foarte profundă asupra acestui subiect, vezi Sander *et al*., „Biology of the sauropod dinosaurs: the evolution of gigantism”, *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 86, 117–155, 20111.
13. Blana pterozaurilor ar putea fi, de fapt, tot o varietate de penaj: vezi Yang *et al*., „Pterosaur integumentary structures with complex feather-like branching”, *Ecology & Evolution* 3, 24–30, 2019.
14. Dacă nu penele, atunci părul sau, dacă duc o viaţă optimizată în mare, grăsimea. Mamiferele marine, cum ar fi balenele şi focile, au un strat gros de grăsime care izolează partea centrală şi prezintă o formă aerodinamică, netezind orice umflături şi denivelări. Se ştie că reptilele marine dispărute, cunoscute sub numele de ihtiozauri, care semănau foarte mult cu delfinii moderni, aveau straturi de grăsime, probabil din aceleaşi motive. Vezi Lindgren *et al*., „Soft-tissue evidence for homeothermy and crypsis in a Jurassic ichthyosaur”, *Nature* 564, 359–365, 2018.
15. Vezi Zhang *et al*., „Fossilized melanosomes and the colour of Cretaceous dinosaurs and birds”, *Nature* 463, 1075–1078, 2010; Xu *et al*., „Exceptional dinosaur fossil show ontogenetic development of early feathers”, *Nature* 464, 1338–1341, 2010; Li *et al*., „Melanosome evolution indicates a key physiological shift within feathered dinosaurs”, *Nature* 507, 350–353, 2014; Hu *et al*., „A bony-crested Jurassic dinosaur with evidence of iridescent plumage highlights complexity in early paravian evolution”, *Nature Communications* 9, 217, 2018.
16. Lucrurile stau altfel în mare, unde apa permite susţinerea unor corpuri mult mai voluminoase decât e posibil pe uscat şi este preferată viviparitatea, deoarece revenirea pe ţărm pentru a depune ouă, aşa cum fac ţestoasele, este extrem de riscantă. Asta poate explica de ce primele vertebrate cu fălci – placodermii – au fost vivipari, iar obiceiul se întâlneşte la mulţi peşti, de pildă, la rechini. Ihtiozaurii, amniotele care, în Triasic, s-au întors în mare şi au devenit foarte asemănători cu balenele, năşteau pui vii. Balenele însele sunt, desigur, vivipare, la fel ca aproape toate mamiferele şi au evoluat, ajungând cele mai mari animale cunoscute, eclipsându-i până şi pe dinozaurii cu dimensiunile cele mai impresionante.
17. *Kayentatherium*, din Jurasicul timpuriu în Arizona, a fost un tritilodont – un membru al unui grup de terapside târzii care a fost cât pe ce să devină mamifer, fără să ajungă efectiv la acel nivel. Deşi este foarte probabil să fi fost acoperit cu blană, aproape sigur depunea ouă.

Kayentatherium putea avea cel puţin 38 de pui o dată – mult mai mulţi decât ar fi fost capabil orice alt mamifer. Vezi Hoffman şi Rowe, „Jurassic stem-mammal preinates and the origin of mammalian reproduction and growth", *Nature* 561, 104–108 (2018).

18. Vezi Schweitzer *et al*., „Gender-specific reproductive tissue in ratites and *Tyrannosaurus rex*", *Science* 308, 1456–1460, 2005; Schweitzer *et al*., „Chemistry supports the identification of gender-specific reproductive tissue in *Tyrannosaurus rex*", *Scientific Reports* 6, 23099, 2016.
19. Vezi G.E. Erickson *et al*., „Gigantism and comparative life in history parameters of tyrannosaurid dinosaurs", *Nature* 430, 772–775 (2004).
20. La păsări, viviparitatea ar fi un impediment serios în calea zborului. Probabil că nu este o coincidenţă faptul că pterozaurii – verii zburători ai dinozaurilor – depuneau de asemenea ouă (vezi Ji *et al*., „Pterosaur egg with a leathery shell", *Nature* 432, 572, 2004) şi dezvoltau o izolaţie asemănătoare cu penele şi un schelet foarte uşor.
21. Unele păsări de apă, cum ar fi lebedele şi gâştele, îşi iau zborul astfel şi, uitându-ne la eforturile pe care le depun, ne putem da seama că păsări doar cu puţin mai mari nu vor fi capabile să se ridice în aer în felul acesta. Tot aşa funcţionează şi aeroplanele, chiar şi fără să dea din aripi, şi de aceea avioanele mari au motoare enorme, cu o putere incredibilă. E nevoie de foarte multă energie pentru a face un jumbo jet să decoleze. Evident, ori de câte ori vedem un avion de pasageri în zbor, ştim că nicio fizică din lume nu ar putea ridica în aer o asemenea construcţie enormă. Avioanele zboară doar fiindcă noi credem că pot s-o facă. Dacă am înceta să credem, ele ar cădea din cer. Asta e credinţa mea. Dar să nu spuneţi nimănui. E micul nostru secret, da?
22. Tim White îmi reaminteşte că unele furnici fără aripi, deşi foarte mici şi care altminteri ar putea fi considerate aeroplancton în derivă, pot să planeze într-o anumită măsură. Vezi Yanoviak *et al.*, „Aerial manoeuvrability in wingless gliding ants (Cephalotes atratus)", *Proceedings of the Royal Society of London B*, 277, 2010, https://doi.org/10.1/rspb.2010.0170.
23. Vezi, de exemplu, Meng *et al*., „A Mesozoic gliding mammal from northeastern China", *Nature* 444, 889–893, 2006.
24. Cu toate acestea, cei mai mici paraşutişti folosesc fire şi peri în loc de membrane continue asemănătoare aripilor. Gândiţi-vă la păianjenii care folosesc fire lungi pentru a se deplasa prin aer: sau la sămânţa cu peri pe care, din timpuri imemoriale, tinerii nefericiţi în dragoste au suflat-o din păpădie. Fiecare sămânţă de păpădie poate fi dusă kilometri întregi cu o tulpină care se termină cu un smoc ce seamănă cu o perie de curăţat hornul. În loc să încerce să prindă tot aerul sub el, smocul îi permite să treacă prin el şi aici se produce magia. Curentul de aer ce trece prin smoc devine turbulent, formând un soi de inel de fum deasupra

smocului. Acest inel, de forma unei gogoşi turtite în părți, este o zonă de presiune scăzută, un ciclon în miniatură, un mic centru al furtunii. El absoarbe literalmente smocul în sus, încetinindu-i viteza de coborâre. Vezi Cummins *et al*., „A separated vortex ring underlies the flight of the dandelion", *Nature* 562,414–418, 2018.

25. Primele etape ale paraşutismului antic au fost studiate la pisicile moderne din cel mai contemporan dintre habitatele sălbatice – Manhattan. Veterinarii din New York sunt obişnuiți cu un tipar de leziuni ale felinelor, cunoscut sub numele de „sindromul înălțimii", suferit de pisicile aventuroase care cad de la ferestre aflate la mare înălțime. În fiecare caz, veterinarii din New York au evaluat gravitatea leziunilor felinelor în raport cu înălțimea de la care căzuseră. Rănile tind să fie mai grave pe măsură ce creşte distanța față de sol, dar se ajunge la un punct în care rănile pisicilor nu se mai agravează. Veterinarii citează cazul unei pisici care a căzut 32 de etaje şi s-a ales doar cu o rană uşoară la piept, un dinte rupt şi, evident, cu mândria rănită. Nu degeaba se spune că pisicile au nouă vieți. Se pare că în timp ce cade, o pisică îşi relaxează muşchii şi îşi întinde labele în lateral, formând un fel de paraşută. Pisica poate suferi răni la labe şi la torace, cu toate astea fiind în stare să supraviețuiască. Vezi W.O. Whitney şi C.J. Mehlhaff, „High-rise syndrome in cats", *Journal of the American Veterinary Medical Association* 192, p. 542, 1988.
26. Vezi F.E. Novas şi P.F. Puertat, „New evidence concerning avian origin from the Late Cretaceous of Patagonia", *Nature* 387, 390–392, 1997.
27. Vezi Norell *et al*., „A nesting dinosaur", *Nature* 378, 774–776, 1995.
28. Vezi, de exemplu, Xu *et al*., „A therizinosauroid dinosaur with integumentary structures from China", *Nature* 399, 350–354, 1999, care descrie structuri asemănătoare penelor la *Beipaiosaurus*, unul dintre therizinozaurii foarte stranii. Aceştia au fost teropode foarte bizare, greoaie, care deveniseră erbivore şi erau la fel de aerodinamice ca un bloc de beton. Vezi şi Xu *et al*., „A gigantic bird-like dinosaur from the Late Cretaceous of China", *Nature* 447, 844–847, 2007, despre *Gigantoraptor*, un monstru de 8 metri, 1 400 de kilograme care aparținea oviraptorosauridelor, altminteri suple şi asemănătoare păsărilor. Această creatură ar fi fost cu siguranță incapabilă să zboare – nu se ştie dacă avea pene.
29. Ken Dial de la Universitatea din Montana a studiat felul în care puii unui soi de potârniche, numită *chukar*, îşi folosesc aripile pentru a alerga în susul unor pante foarte abrupte, un gen de locomoție numită „alergarea în pantă asistată de aripi" – care i-ar fi fost utilă unui animal mic şi lipsit de apărare pentru a scăpa de prădători. Vezi Dial *et al*., „A fundamental avian wing-stroke provides a new perspective on the evolution of flight", *Nature* 451, 985–989, 2008.

30. Xu *et al*., „The smallest known non-avian theropod dinosaur”, *Nature* 408, 705–708, 2000; Dyke *et al.*, „Aerodynamic performance of the feathered dinosaur Microraptor and the evolution of feathered flight”, *Nature Communications* 4, 2489, 2013.
31. Hu *et al*., „A pre-*Archaeopteryx* troödontid theropod, from China with long feathers on the metatarsus”, *Nature* 461, 640–643, 2009.
32. Vezi F. Zhang *et al*., „A bizarre Jurrasic maniraptoran from China with elongate, ribbon-like feathers”, *Nature* 455, 1105–1108, 2008.
33. Vezi Xu *et al*., „A bizarre Jurrasic maniraptoran theropod with preserved evidence of membraneous wings”, *Nature* 521, 70–73, 2015; şi Wang *et al*., „A new Jurassic scansoriopterygid and the loss of membraneous wings in therapod dinosaurs”, *Nature* 569, 256–259, 2019.
34. Cu siguranță, nu există lilieci incapabili să zboare, deşi liliecii mistacinizi din Noua Zeelandă trăiesc în majoritatea timpului pe sol. Cu excepția unor reconstituiri posibile de pterozauri gigantici la fel de incapabili de zbor, nu există dovezi că ar fi existat pterozauri nezburători.
35. Vezi Field *et al*., „Complete *Ichthyornis* skull illuminates mosaic assembly of the avian head”, *Nature* 557, 96–100, 2018.
36. Vezi Altangerel *et al*., „Flightless bird from the Cretaceous of Mongolia”, *Nature* 362, 623–626, 1993, cu privire la descoperirea primei ciudățenii de felul acesta, *Mononykus*; şi Chiappe *et al*., „The skull of a relative of the stem group-bird *Mononykus*”, *Nature* 392, 275–278, 1998, referitor la descoperirea alteia, *Shvuuia*, pentru a dovedi că prima nu fusese o întâmplare fericită.
37. Vezi Field *et al*., „Late Cretaceous neornithine from Europe illuminates the origins of crown birds”, *Nature* 579, 397–401, 2020, şi comentariul aferent al lui K. Padian, „Poultry through time”, *Nature* 579, 351–352, 2020. O altă pasăre din Cretacic care poate fi un reprezentant timpuriu al păsărilor de apă este *Vegavis* din Antarctica: vezi Clarke *et al*., „Definitive fossil evidence for an extant avian radiation in the Creataceous”, *Nature* 433, 305–308, 2005. *Vegavis* avea un sirinx bine dezvoltat (Clarke *et al*., „Fossil evidence of the avian vocal organ from the Mesozoic”, *Nature* 538, 502–505, 2016; P.M. O’Connor, „Ancient avian aria from Antarctica”, *Nature* 538, 468–469, 2016), organul vocal distinct al păsărilor care produce tot, de la gâgâitul unei gâşte până la trilul privighetorilor care, spune legenda, poate fi auzit în Berkeley Square, dar numai atunci când îngerii cinează la Ritz.
38. Remarcați termenul „aproape”, fiindcă biologia îşi venerează excepțiile. Există cel puțin o dovadă a existenței unui dinozaur ceratopsian din Europa. Vezi, de exemplu, Ösi *et al*., „A Late Cretaceous ceratopsian dinosaur from Europe with Asian affinities”, *Nature* 465, 466–468, 2010; Xu, „Horned dinosaurs ventured abroad”, *Nature* 465, 431–432, 2010.

39. Vezi Sander *et al*., „Bone biology indicates insular dwarfism in a new Late Jurassic sauropod dinosaur”, *Nature* 441, 739–741, 2006.
40. Vezi Buckley *et al*., „A pug-nosed crocodyliform from the Late Cretaceous of Madagascar”, *Nature* 405, 941–944, 2000.
41. Vezi M.W. Frohlich şi M.W. Chase, „After a dozen years of progress the origin of angiosperms is still a great mystery”, *Nature* 450, 1184–1189, 2007.
42. Vezi, de exemplu, Rosenstiel *et al*., „Sex-specific volatile compounds influence microarthropod-mediated fertilization of moss”, *Nature* 489, 431–433, 2012.
43. Ne gândim la Io şi Europa, ambele luni ale lui Jupiter, dar altfel destul de diferite. Suprafața lui Io este în mod constant remodelată de activitatea vulcanică; cea a Europei, de gheața care se infiltrează dintr-un ocean subteran.
44. Vezi Bottke *et al*., „An asteroid breakup 160 Myr ago as the probable source of the K/T impactor”, *Nature* 449, 48–53, 2007; P. Claeys şi S. Goderis, „Lethal billiards”, *Nature* 449, 30–31, 2007.
45. Vezi Collins *et al*., „A steeply inclined trajectory for the Chicxulub impact”, *Nature Communications* 11, 1480, 2020.
46. Ultimii ihtiozauri au pierit cu câteva milioane de ani mai devreme, evitând astfel tot iureşul şi vacarmul apocaliptic.
47. Vezi Lowery *et al.,* „Rapid recovery of life at ground zero of the end-Cretaceous mass-extinction”, *Nature* 558, 288–291, 208.

8. ACELE MAMIFERE MAGNIFICE

1. Vezi J.A. Clack, „Discovery of the earliest-known tetrapod stapes”, *Nature* 342, 425–427, 1989; A.L. Panchen, „Ears and vertebrate evolution”, *Nature* 342, 342–343, 1989; J.A. Clack, „Earliest known tetrapod braincase and the evolution of the stapes and fenestra ovalis”, *Nature* 369, 392–394, 1994. Urechea medie a rudei lui *Acanthostega*, *Ichthyostega*, pare să se fi transformat într-un soi de organ auditiv acvatic diferit de orice altceva întâlnit în evoluție (Clack *et al*., „A uniquely specialized ear in a very early tetrapod”, *Nature* 425, 65–69, 2003).
2. În timp ce spiraculul lăsa să intre şi să iasă apa, făcând posibilă comunicarea între lumea exterioară şi cavitatea bucală, timpanul a format o barieră, definind limitele exterioare ale urechii medii. Cu toate acestea, urechea medie a păstrat o legătură cu cavitatea bucală. Puteți simți asta de fiecare dată când înghițiți: acțiunea aduce la acelaşi nivel presiunea între urechea medie şi lumea exterioară prin intermediul unei conexiuni numite trompa lui Eustachio. Din acest motiv, sunetul este neclar atunci când sunteți răciți. Trompa lui Eustachio se umple cu mucus, făcând dificilă egalizarea presiunii şi, drept urmare, timpanul

funcționează mai puțin eficient. Asta explică şi de ce urechile ne dor atât de tare în timpul urcării şi coborârii avionului. Chiar şi într-o cabină presurizată, schimbările bruşte de presiune atmosferică sunt suficiente pentru a pune timpanul sub tensiune, acesta fiind motivul pentru care e bine să înghițim, împingând aerul prin trompa lui Eustachio şi îndepărtând orice blocaje. Suflatul nasului are acelaşi efect. La adulți, trompa lui Eustachio este înclinată în jos, de la urechea medie către spatele gâtului, astfel încât mucusul se scurge în mod natural. La copiii mici însă, trompa lui Eustachio este mai mult sau mai puțin orizontală. Copiii mici fiind aşa cum sunt – vectori de contagiune adorabili şi mucoşi – mucusul este reținut în trompa lui Eustachio, ceea ce duce la un fenomen cunoscut sub numele de otită şi care poate fi tratată făcând mici găuri în timpan. În timp, acestea se vindecă, iar copilul va creşte fără probleme.

3. Dintre păsările cântătoare, masculul de pasăre-clopot albă (*Procnias albus*) din Amazonul brazilian scoate cele mai puternice sunete şi face asta chiar lângă femela pe care intenționează s-o curteze. Nefericita aleasă este supusă unei presiuni sonore de 125 de decibeli. (J. Podos şi M. Cohn-Haft, „Extremey loud mating songs at close range in white bellbirds", *Current Biology* foi.org/10.1016/j.cub. 2019.09.028, 2019). La oameni, această presiune este îndeajuns de puternică încât să fie dureroasă. *Guinness Book of Records* a indicat niveluri de presiune sonoră de 117 dB în timpul unui concert al trupei mele favorite, Deep Purple, la Rainbow Theatre din Londra în 1972, în timpul căruia trei spectatori au leşinat. Se pare că, de atunci încoace, recordul a fost doborât, dar cum *Guinness Book of Records* nu mai raportează astfel de chestii, majoritatea descrierilor ulterioare (de pildă, cei 136 de dB la un concert Kiss la Ottawa în 2009) sunt neoficiale. Cu toate acestea, având în vedere că decibelii cresc logaritmic, chemarea păsării-clopot este de aproape trei ori mai zgomotoasă decât concertul Deep Purple care-ți face praf urechile. Îți vine să te întrebi de ce femela suportă tot vacarmul ăla.
4. Ca referință, la pian, la-ul de deasupra do-ului central este în mod convențional acordat la o frecvență de 440 de hertzi (HZ). Frecvența se dublează cu fiecare octavă, astfel încât la-ul cu o octavă deasupra este de 880 Hz; două octave, 1 760 Hz (sau 1,76 kilohertzi, kHz); trei octave, 3 520 Hz (3,52 kHz). După aceea, claviatura unui pian obişnuit se termină. Dacă ar mai exista încă un „la", acesta ar fi de 7 040 Hz (7,04 kHz), o frecvență deasupra celor mai înalte note pe care majoritatea păsărilor le pot auzi în mod obişnuit. Copiii pot auzi tonuri de până la 20 de kHz, deşi sensibilitatea scade la maturitate. Mai ales la aceia dintre noi care şi-au petrecut tinerețea ascultând Deep Purple.
5. Numele mai puțin şlefuite ale acestor oase, care te duc cu gândul la un fierar cu mâinile bătătorite dintr-un roman de Thomas Hardy, merită să

fie comentate puțin. La oameni, scărița seamănă foarte mult cu un cercel. Baza ei plată stă în „fereastra ovală" care este portalul către urechea internă. Baza este suspendată pe doi dinți ca de furcă, ce se unesc apoi precum un iadeş sau, mai degrabă, precum o scăriță de călărie. Spațiul dintre cei doi dinți este străbătut de un vas de sânge, artera stapedială. Odată ce avem o scăriță, e firesc să numim celelalte oase ciocanul şi nicovala, chiar dacă ele nu arată chiar ca omologii lor de fierărie. Scărița este cel mai mic os din corpul uman; ciocanul şi nicovala nu sunt mult mai mari. Împreună, aceste oase formează „oscioarele" sau „oasele mici" ale urechii medii.

6. Cel puțin aşa stau lucrurile în copilărie. Sensibilitatea la frecvențele mai mari tinde să scadă odată cu vârsta, mai ales la aceia dintre noi care şi-au petrecut tinerețea ascultând, ăă, nu ştiu, Deep Purple.
7. Vezi H. Heffner, „Hearing in large and small dogs (*Canis familiaris*)", *Journal of the Acoustical Society of America* 60, S88, 1976.
8. Vezi R.S. Heffner, „Primate hearing from a mammalian perspective", *The Anatomical Record* 281A, 1111–1122, 2004.
9. Vezi K. Ralls, „Auditory sensitivity in mice: *Peromyscus* and *Mus musculus*", *Animal Behaviour* 15, 123–128, 1967.
10. R.S. Heffner şi H.E. Heffner, „Hearing range of the domestic cat", *Hearing Research* 19, 85–88, 1985.
11. Vezi Kastelein *et al*., „Audiogram of a striped dolphin (Stenella coeruleoalba)", *Journal of the Acoustical Society of America* 113, 1130, 2003.
12. Pentru un studiu comprehensiv recent al acestei remarcabile transformări şi multe altele despre istoria timpurie a mamiferelor, vezi Z.-X Luo, „Transformation and diversification in early mammal evolution", *Nature* 450, 1011–1019, 2007.
13. Vezi Lautenschlager *et al*., „The role of miniaturization in the evolution of the mammalian jaw and middle ear", *Nature* 561, 533–5367, 2018.
14. Aproape sigur avea mustăți. Existența blănii însă este ipotetică.
15. Vezi Jones *et al*., „Regionalization of the axial skeleton predates functional adaptation in the forerunners of mammals", *Nature Ecology & Evolution* 4, 470–478, 2020.
16. O reconstrucție a urechii de *Morganucodon* sugerează că ar fi fost sensibil la sunete de până la 10 kHz. Vezi J.J. Rosowski şi A.Graybeal, „What did *Morganucodon* hear?", *Zoological Journal of the Linnean Society* 101, 131–168, 2008.
17. Vezi Gill *et al*., „Dietary specialization and diversity in feeding ecology of the earliest stem mammals", *Nature* 512, 303–305, 2014.
18. Vezi E.A. Hoffman şi T.B. Rowe, „Jurassic stem-mammal perinates and the origin of mammalian reproduction", *Nature* 561, 104–108, 2018.

19. Vezi Hu *et al*., „Large Mesozoic mammals fed on young dinosaurs”, *Nature* 433, 149–152, 2005; A. Weil, „Living large in the Cretaceous”, *Nature* 433, 116–117, 2005.
20. Vezi Meng *et al*., „A Mesozoic gliding mammal from north-eatern China”, *Nature* 444, 889–893, 2006. Despre această creatură, *Volaticotherium*, din Jurasicul târziu din Mongolia Interioară, s-a descoperit ulterior că era un membru al unui grup numit triconodonți. Aceştia erau diferiți de haramiide, un grup de mamifere străvechi, care de asemenea s-au ridicat în aer; vezi, de exemplu, Meng *et al*., „New gliding mammaliaforms from the Jurassic”, *Nature* 548, 291–296, 2017; Han *et al*., „A Jurassic gliding euharamiyidan mammal with an ear of five auditory bones”, *Nature* 551, 451–456, 2017.
21. Vezi Ji *et al*., „A swimming mammaliaform from the Middle Jurassic and ecomorphological diversification of early mammmls”, *Science* 311, 1123–1127, 2006.
22. Vezi Krause *et al*., „First cranial remains of a gondwanatherian mammal reveal remarkable mosaicism”, *Nature* 515, 512–517, 2014; A. Weil, „A beast of the southern wild”, *Nature* 515, 495–496, 2014; Krause *et al*., „Skeleton of a Cretaceous mammal from Madagascar reflects long-term insularity”, *Nature* 581, 421–427, 2020.
23. Vezi, de exemplu, Luo *et al*., „Dual origin of tribosphenic mammals”, *Nature* 409, 53–57, 2001; A. Weil, „Relationships to chew over”, *Nature* 409, 28–31, 2001; Rauhut *et al*., „A Jurassic mammal from South America”, *Nature* 416, 165–168, 2002.
24. Vezi Bi *et al*., „An early Cretaceous eutherian and the placental-marsupial dichotomy”, *Nature* 558, 390–395, 2018; Luo *et al*., „A Jurassic eutherian mammal and divergence of marsupials and placentals”, *Nature* 476, 442–445, 2011; Ji *et al*., „The earliest known eutherian mammal”, *Nature* 416, 816–822, 2002.
25. Luo *et al*., „An Early Cretaceous tribosphenic mammal and metatherian evolution”, *Science* 302, 1934–1940, 2003.
26. Pantodonții şi dinoceratele formau cândva un singur grup, amblipodele. Am descoperit asta pe când eram student şi am fost atât de încântat de nume încât i-am dat telefon mamei chiar în ziua aceea ca să-i povestesc (am sunat-o dintr-o cabină telefonică – telefoanele mobile nu erau foarte accesibile). I-am zis că a existat cândva un grup de erbivore mari, care se mişcau lent, cam ca rinocerii sau hipopotamii, şi că se numeau amblipode. „E drăguț, iubitule”, mi-a răspuns mama, „poți să ți le imaginezi pur şi simplu, plimbându-şi agale turmele.”
27. Pentru un excelent ghid despre evoluția mamiferelor, vezi D.R. Prothero, *The Princeton Field Guide to Prehistoric Mammals* (Princeton: Princeton University Press, 2017).

28. Vezi Head *et al*., „Giant boid snake from the Palaeocene neotropics reveals hotter past equatorial temperatures”, *Nature* 457, 715–717, 2009; M. Huber, „Snakes tell a torid tale”, *Nature* 457, 669–671, 2009.
29. Vezi Thewissen *et al*., „Skeletons of terrestrial cetaceans and the relationship of whales to artiodactyls”, *Nature* 413, 277–281, 2001; C. de Muizon, „Walking with Whales”, *Nature* 413, 259–260, 2001.
30. Vezi Thewissen *et al*., „Fossil evidence for the origin of aquatic locomotion in archaeocete whales”, *Science* 263, 210–212, 1994.
31. Vezi Gingerich *et al*., „Hind limbs of Eocene Basilosaurus: evidence of feet in whales”, *Science* 249, 154–157, 1990.
32. Pentru mai multe despre evoluția balenelor, vezi J. G. M. „Hans” Thewissen, *The Walking Whales: From Land to Water in Eight Million Years* (Oakland: University of California Press, 2014).
33. Vezi Madsen *et al*., „Parallel adaptive radiations in two major clades of placental mammals”, *Nature* 409, 610–614, 2001.

9. PLANETA MAIMUȚELOR

1. Cele mai primitive primate – prosimienii – includ actualii lemurieni (care trăiesc doar în Madagascar) şi alte câteva specii, precum galago şi tarsierele. Cele mai vechi tarsiere cunoscute au apărut acum 55 de milioane de ani, sugerând că antropoidele – grupul care include maimuțele, maimuțele mari şi oamenii – existau de asemenea (vezi Ni *et al*., „The oldest known primate skeleton and early haplorhine evolution”, *Nature* 498, 60–63, 2013). Cei mai vechi reprezentanți cunoscuți ai antropoidelor, tot din Eocen, erau deja foarte diverşi, sugerând o istorie lungă (vezi Gebo *et al*., „The oldest known anthropoid postcranial fossils and the early evolution of higher primates”, *Nature* 404, 276–278, 2000; Jaeger *et al*., „Late middle Eocene epoch of Libya yields earliest known radiation of African anthropoids”, *Nature* 467, 1095–1098, 2010). Până în Oligocen, acum cel puțin 25 de milioane de ani, antropoidele se împărțiseră în maimuțe şi maimuțe mari (vezi Stevens *et al*., „Oligocene divergence between Old World monkeys and apes”, *Nature* 497, 611–614, 2013).
2. Unele ierburi tropicale au exploatat un mijloc de fotosinteză până acum puțin folosit, cunoscut de către biochimişti sub numele de „calea C_4”. Puțin folosit, deoarece este mai elaborat decât „calea C_3” utilizată de majoritatea plantelor. Calea C_4, totuşi, foloseşte mai eficient bioxidul de carbon. Când bioxidul de carbon se găseşte din abundență în atmosferă, utilizarea căii C_4 este mai puțin relevantă. Însă plantele detectaseră, probabil, o schimbare pe termen lung în atmosfera Pământului; cu alte cuvinte, o scădere lentă, progresivă a cantității de bioxid de carbon. Vezi, de exemplu, C.P. Osborne şi L. Sack, „Evolution of C_4 plants: a new hypothesis for an interaction of CO_2 and water relations mediated by

plant hydraulics", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* B 367, 583–600, 2012.

3. De Bonis *et al*., „New hominid skull material from the late Miocene of Macedonia in Northern Greece", *Nature* 345, 712–714, 1990.
4. Vezi Alpagut *et al*., „A new specimen of *Ankarapithecus meteai* from the Sinap Formation of central Anatolia", *Nature* 382, 349–351, 1996.
5. Vezi Suwa *et al*., „A new species of great ape from the Late Miocene epoch in Ethiopia", *Nature* 448, 921–924, 2007.
6. Vezi Chaimanee *et al*., „A new orang-utan relative from the Late Miocene of Thailand", *Nature* 427, 439–441, 2004.
7. Probabil cea mai mare maimuță antropoidă care a existat vreodată a fost G*igantopithecus*, care a trăit în Asia de Sud-Est în Pleistocen. S-ar putea să fi fost de două ori mai mare decât o gorilă – deși e greu de estimat întrucât ea este cunoscută doar după dinți și fragmente de maxilar. Un studiu al proteinelor din smalțul dinților arată că era înrudită cu urangutanii. Vezi Walker *et al*., „Enamel preteome shows that *Gigantopithecus* was an early diverging pongine", *Nature* 576, 262–265, 2019.
8. Vezi Böhme *et al*., „A new Miocene ape and locomotion in the ancestor of great apes and humans", *Nature* 575, 489–493, 2019, cu acest comentariu de Tracy L. Kivell „Fossil ape hints and how walking on two feet evolved", *Nature* 575, 445–446, 2019.
9. Vezi Rook *et al*., „*Oreopithecus* was bipedal ape after all: evidence from the iliac cancellous architecture", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96, 8795–8799, 1999.
10. Nu au existat niciodată maimuțe antropoide în Americi. Maimuțele antropoide au evoluat din maimuțele din Lumea Veche: maimuțele din Lumea Nouă sunt doar rude îndepărtate, care s-ar putea să fi evoluat din imigranți care au ajuns în Americi din Africa în Eocen (vezi Bond *et al*., „Eocene primates of South America and the African origins of New World monkeys", *Nature* 520, 538–541, 2015). Ele se deosebesc de verii lor din Lumea Veche prin faptul că păstrează cozi lungi, care sunt adesea capabile să se agațe și funcționează ca un al cincilea membru. Acesta ar putea fi motivul pentru care, în Americi, maimuțele au rămas maimuțe și nu au evoluat în forme asemănătoare maimuțelor antropoide sau măcar trăitoare pe sol, precum macacii aproape fără coadă din Lumea Veche.
11. Ar trebui să adaug o notă pentru a risipi orice confuzie între termenii „hominian" și „hominid". Termenul „hominid" obișnuia să se refere la orice membru al familiei Hominidae, ce includea oamenii moderni și orice rude dispărute ale oamenilor care nu erau mai strâns înrudite cu Marile Maimuțe, sau pongide, din familia Pongidae. În ultimii ani a devenit clar că pongidele nu formează un grup „natural", adică un grup în care toți membrii au exclusiv același strămoș comun. Se dovedește că oamenii

sunt mai strâns înrudiţi cu cimpanzeii decât cu gorilele, urangutanul aflându-se undeva la mare distanţă. Asta înseamnă că familia Pongidae nu are un strămoş comun care să includă şi strămoşii hominidelor. Pentru a rezolva această chestiune, definiţia familiei Hominidae a fost extinsă pentru a include atât Maimuţele Mari, cât şi oamenii, iar numele hominian (membru al sub-tribului Hominina din tribul Hominini din subfamilia Homininae) este folosit pentru a desemna oamenii moderni şi orice rude dispărute ale oamenilor care nu mai sunt strâns înrudite cu cimpanzeii – şi acesta este sensul în care folosesc termenul aici. Lucrurile sunt încurcate şi mai mult din cauza utilizărilor contradictorii. Unii cercetători folosesc acum termenul „hominian" în acest sens, pe când alţii continuă să folosească „hominid", iar unii din aceste două grupuri s-au răzgândit pe parcurs, făcând lectura literaturii de specialitate la care mă refer aici un pic derutantă.

12. Vezi Brunet *et al*., „A new hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa", *Nature* 418, 145–151, 2002; şi Vignaud *et al*., „Geology and paleontology of the Upper Miocene Toros-Menalla hominid locality, Chad", *Nature* 418, 152–155, 2002. Bernard Wood a scris un comentariu însoţitor, „Hominid revelations from Chad", *Nature* 418, 133–135, 2002.
13. Descoperitorii craniului de *Sahelanthropus* l-au numit „Toumaï". În goran, limba oamenilor care trăiesc în această regiune neprimitoare, asta înseamnă „speranţă de viaţă".
14. Vezi Haile-Salassie *et al.*, „Late Miocene hominids from the Middle Awash, Ethiopia", *Nature* 412, 178–181, 2001.
15. Pickford *et al*., „Bipedalism in *Orrorin tugenensis* revealed by its femora", *Compes Rendus Palevol* 1, 191–203, 2002.
16. Majoritatea descoperirilor din evoluţia umană datând de acum 5 milioane de ani au fost făcute într-o porţiune îngustă a Africii, ce se întinde din Malawi, în sud, către nord, trecând prin Tanzania, Kenya şi Etiopia. Aceasta este Valea Marelui Rift, o tăietură adâncă ce se lărgeşte lent, creată pe măsură ce două secţiuni ale scoarţei Pământului sunt dislocate de forţele rapide ale plăcilor tectonice. Bucăţi gigantice din peretele riftului se prăbuşesc în spaţiul din ce în ce mai larg, unde ploaia şi soarele le erodează şi le transformă în sedimente. Pe măsură ce plăcile se îndepărtează, magma ţâşneşte şi urcă bolborosind de dedesubt, creând vulcani. Pe fundul văii, se formează, se contopesc, se extind şi se micşorează în permanenţă râuri şi lacuri. Combinaţia de sedimentare, lacuri şi vulcani este ideală pentru fosilizare, din sedimentele de pe malurile lacurilor formate de-a lungul Riftului în Kenya, Tanzania şi Etiopia fiind colectate cele mai multe dovezi ale evoluţiei umane. Restul provin în majoritate din vechi peşteri de calcar erodate, situate într-un mic areal din Africa de Sud, cunoscut sub numele de „Leagănul omenirii". Sedimentele din peşteri sunt extrem de greu de datat, deşi s-a

înregistrat un oarecare progres. Vezi, de exemplu, Pickering *et al.*, „U-Pb-dated flowstones restrict South African early hominin record to dry climate phases”, *Nature* 565, 226–229, 2019. Pământul încă se mişcă şi se va mişca mai departe: în câteva milioane de ani, Africa de la est de Rift se va fi rupt de continentul-mamă. Marea va pătrunde pentru a umple golul. Riftul este un nou ocean pe cale de a se naşte; asemănător cu riftul din estul Americii de Nord de la sfârşitul Triasicului care a dat naştere Oceanului Atlantic, dar fără dramă.

17. Şi una pe care bebeluşii o păstrează în continuare.
18. Vezi Whitcome *et al*., „Fetal load and the evolution of lumbar lordosis in bipedal hominins”, *Nature* 450, 1075–1078, 2007.
19. Vezi, de exemplu, Wilson *et al*., „Biomechanics of predatory-prey arms race in lion, zebra, cheetah and impala”, *Nature* 554, 183–188, 2018; şi comentariul aferent al lui Biewener, „Evolutionary race as predators hunt prey”, *Nature* 554, 176–178, 2018.
20. Alte mamifere bipede includ cangurii şi diverse rozătoare săritoare, precum jerboa; însă cangurii îşi menţin poziţia verticală cu ajutorul unei cozi lungi, iar rozătoarele săritoare tind să facă salturi folosind ambele picioare deodată.
21. Ceva ce am descoperit pe pielea mea când mi-am fracturat glezna într-un accident minor acasă, în august 2018. Această întâmplare m-a lăsat complet neajutorat, o situaţie ameliorată de serviciile imediat accesibile ale aparatului aproape incomprehensibil de complex şi de vast care este National Health Service (NHS); inclusiv o ambulanţă, un spital universitar complet echipat, paramedici, asistente, anestezişti, chirurgi, ca să nu mai zic de o armată de personal auxiliar şi – când am ieşit din spital – de fizioterapeuţi; de un scaun cu rotile împrumutat de la Crucea Roşie; şi (mai ales) de îngrijirea îndureratei doamne Gee care a decis, cel puţin parţial din propria voinţă, să se înscrie la cursurile de asistenţă medicală, specializându-se în pacienţi cu dizabilităţi de învăţare (ca să vedeţi!). NHS este cel mai mare angajator nu numai din Marea Britanie, ci din toată Europa, şi reprezintă o parte considerabilă din cheltuielile publice în Marea Britanie. Fără o asemenea susţinere, un hominian timpuriu care îşi rupea glezna în savana africană ar fi fost probabil ucis şi mâncat.
22. Vezi White *et al*., „*Australopithecus ramidus*, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia”, *Nature* 371, 306–312, 1994.
23. Vezi A. Gibbons, „A rare 4.4–million-year-old skeleton has drawn back the curtain of time to reveal the surprising body plan and ecology of our earliest ancestors”, *Science* 326, 1598–1599, 2009.
24. Vezi Leakey *et al*., „New four-million-year-old hominid species from Kanapoi and Allia Bay, Kenya”, *Nature* 376, 565–571 (1995); Haile-*Selassie et al*., „A 3.8–million-year-old hominin cranium from Woranso-

Mille, Ethiopia", *Nature* 573, 214–219, 2019; F. Spoor, „Elusive cranium of early hominin found", *Nature* 573, 200–202, 2019.

25. Johanson *et al*., „A new species of the genus *Australopithecus* (Primates, Hominidae) from the Pliocene of Eastern Africa", *Kirtlandia* 28, 1–14, 1978. Se ştie că cel puțin două alte specii au trăit în zonă în aceeaşi perioadă. Vezi Haile-Salassie *et al*., „New species from Ethiopia further expands Middle Pliocene hominin diversity", *Nature* 521, 483–488, 2015; F. Spoor, „The Middle Pliocene gets crowded", *Nature* 521, 432–433, 2015; Leakey *et al*., „New hominin genus from eastern Africa shows diverse middle Pliocene lineages", *Nature* 410, 433–440, 2001; D. Lieberman, „Another face in our family tree", *Nature* 410, 419–420, 2001.
26. Unde o creatură foarte similară a fost denumită *Australopithecus bahrelghazali*: Brunet *et al*., „The first australopithecine 2,500 kilometres west of the Rift Valley (Chad)", *Nature* 378, 273–275, 1995.
27. După cum dovedesc urmele de paşi din cenuşa vulcanică umedă prezervate la Laetoli, în Tanzania. Urme de hominian apar în două locuri separate. Într-unul, un hominian merge singur. În altul, un hominian pare să fie însoțit de un copil care probabil urmează adultul. Vezi M.D. Leakey şi R.L. Hay, „Pliocene footprints in the Laetoli Beds and Laetoli, northern Tanzania", *Nature* 278, 317–323, 1979.
28. Acestea fiind spuse, fracturi observate la cel mai complet specimen, celebrul schelet cunoscut sub numele de „Lucy", sugerează că ea a murit din cauza rănilor suferite în urma căzăturii dintr-un copac. Vezi Kappelman *et al*., „Perimortem fractures in Lucy suggest mortality from fall out of a tree", *Nature* 537, 503–507, 2016.
29. Vezi Cerling *et al*., „Woody cover and hominin environments in the past 6 million years", *Nature* 476, 51–56, 2011; C.S. Feibel, „Shades of the savannah", *Nature* 476, 39–40, 2011.
30. Haile-Salassie *et al*., „A new hominin foot from Ethiopia shows multiple Pliocene bipedal adaptations", *Nature* 483, 565–569, 2012; D. Lieberman, „Those feet in ancient times", *Nature* 483, 550–551, 2012.
31. Acestea includeau diverse specii de *Australopithecus* şi *Homo*, precum *Australopithecus garbi* (vezi Asfaw *et al*., „*Australopithecus garbi*: a new species of early hominid from Ethiopia", *Science* 284, 629–635, 1999); *Australopitecus sediba* (Berger *et al*., „*Australopithecus sediba*: a new species of Homo-like australopith from South Sfrica", *Science* 328, 195–204, 2010); *Homo habilis* şi *Homo rudolfensis* (vezi Spoor *et al*., „Reconstructed *Homo habilis* type OH7 suggests deep-rooted species diversity in early *Homo*", *Nature* 519, 83–86, 2015); şi *Homo naledi* (Berger *et al*., „*Homo naledi*, a new species of the genus *Homo* from Dinaledi Chamber, South Africa", *eLife* 2015; 4:e09560). Legăturile dintre toate aceste creaturi fac obiectul unor dezbateri considerabile. Deşi denumirea *Homo* a fost inițial menită să reflecte o dimensiune mai mare

a creierului şi o capacitate tehnologică mai mare (vezi L.S.B. Leakey, „A New Fossil Skull from Olduvai”, *Nature* 184, 491–493, 1959; Leakey *et al*., „A New Species of the genus *Homo* from Olduvai Gorge”, *Nature* 202, 7–9, 1964), descoperirea unor unelte de piatră care antedatează în mod semnificativ cel mai timpuriu *Homo* – în urmă cu aproximativ 3,3 milioane de ani – a pus la îndoială această distincție. Ba mai mult, s-au adus argumente solide că speciile cele mai timpurii de *Homo* erau prea puțin diferite de *Australopithecus* pentru a merita distincția: vezi B. Wood şi M. Collard, „The Human Genus”, *Science* 284, 65–71, 1999.

32. Vezi Harmand *et al*., „3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya”, *Nature* 521, 310–315, 2015; E. Hovers, „Tools go back in time”, *Nature* 521, 294–295, 2015; McPherron *et al*., „Evidence for stone-tool-assisted consumption of animal tissues before 3.39 million years ago at Dikika, Ethiopia”, *Nature* 466, 857–860, 2010; D. Braun, „Australopithecus butchers”, *Nature* 466, 828, 2010.
33. Cele mai timpurii unelte nu erau mai sofisticate decât genul de unelte pe care le folosesc astăzi cimpanzeii şi sunt foarte greu de deosebit de nişte pietre cioplite prin alte procese naturale. Ba mai mult decât atât, unele specii de primate, nu doar hominienii, sunt cunoscute pentru faptul că aleg pietre de râu şi le duc în anumite zone pentru utilizare. Unele dintre aceste artefacte sunt greu de distins de cele atribuite primilor hominieni. Vezi Haslam *et al*., „Primate archaeology evolves”, *Nature Ecology & Evolution* 1, 1431–1437, 2017.
34. Vezi K.D. Zink şi D.E. Lieberman, „Impact of meat and Lower Palaeolithic food processing techniques on chewing in humans”, *Nature* 531, 500–503, 2016.

10. ÎN TOATĂ LUMEA

1. ...care echivalează cu 23,5 grade față de verticală, doar că exprimat ca o abatere de la orizontală. Cele două valori însumează 90 de grade.
2. Lucru valabil şi pentru stelele din emisfera sudică. Cu toate acestea, întâmplarea face ca regiunea cerească polară sudică să fie un colț de cer deosebit de tern şi de plicticos, fără mai nimic care să-l scoată în evidență şi, cu siguranță, fără nicio stea proeminentă care să marcheze echivalentul polar sudic al Polaris.
3. Acest lucru a fost calculat de un matematician pe nume Milutin Milankovici (1879–1958), care a făcut toată treaba fără să folosească un computer. Dacă vă puteți imagina.
4. Aceasta este una dintre foarte puținele mele descoperiri autentice care zace, necitită, în teza mea de doctorat.
5. Lăsând la o parte faptul că sunt britanic şi că s-a întâmplat să studiez fauna epocii glaciare din Marea Britanie pentru teza mea de doctorat, există un motiv întemeiat pentru a alege Britania drept exemplu. Ca

insulă aflată la marginea occidentală a marii mase continentale, ea a fost din nou supusă schimbărilor climatice extreme în această perioadă şi, drept urmare, este un bun exemplu pentru un fenomen general. Asta-i scuza mea. Şi mă agăţ de ea.

6. Vezi G.A. Jones, „A stop start-ocean conveyer”, *Nature* 349, 364–365, 1991.
7. Aceste impulsuri bruşte ale ruperii aisbergurilor sunt cunoscute sub numele de evenimente Heinrich. Vezi Bassis *et al*., „Heinrich events triggered by ocean forcing and modulated by iostatic adjustment”, *Nature* 542, 332–334, 2017; A. Vieli, „Pulsating ice sheet”, *Nature* 542, 298–299, 2017.
8. Acest lucru este surprins remarcabil pe teren. Depozitele fosile din Etiopia care încadrează tranziţia indică o scădere pronunţată a speciilor iubitoare de păduri mixte, precum *Australopithecus*, şi o creştere a speciilor amatoare de zone deschise, precum caii, cămilele – şi *Homo*. Vezi Alemseged *et al*., „Fossils from Mille-Logya, Afar, Ethiopia, elucidates the link between Pliocene environmental change and Homo origins”, *Nature Communications* 11, 2480 (2020).
9. Vezi D. Bramble şi D. Lieberman, „Endurance running and the evolution of Homo”, *Nature* 432, 345–352, 2004, pentru un eseu convingător despre importanţa alergării de anduranţă în istoria umană. Ar trebui să adaug că exegeza lor despre anatomie se referă mai degrabă la *Homo sapiens* decât la *Homo erectus* în particular, aşa că mi-am permis câteva libertăţi. Acestea fiind spuse, *Homo erectus* a fost primul hominian cu o formă a corpului foarte asemănătoare cu cea a oamenilor moderni.
10. Termenul „trib” în această accepţiune se referă la un grup distinct de indivizi legaţi prin rudenie şi tradiţie, care trăieşte mai mult sau mai puţin în acelaşi loc şi care este, din punct de vedere cultural şi, mai mult sau mai puţin, genetic, distinct de alte asemenea grupuri.
11. O comparaţie a ratei violenţei letale la mamifere arată că hominienii şi primatele sunt mai violente decât mamiferele în general. Vezi Gomez *et al*., „The phylogenetic roots of human lethal violence”, *Nature* 538, 233–237, 2016, cu un comentariu însoţitor de Pagel, „Lethal violence deep in the human lineage”, *Nature* 538, 180–181, 2016.
12. ...cu un penis minuscul. Membrul erect al gorilei mascul are o lungime de aproximativ 3 centimetri. Chiar şi un mascul uman mediu mai poate adăuga la asta 10 centimetri. Vezi M. Maslin, „Why did humans evolve big penises but small testicles?”, *The Conversation*, 25 ianuarie 2017, accesat 1 aprilie 2021; Veal *et al*., „Am I normal? A systemic review in construction of nomograms for placid and erect penis length and circumference in up to 15,521 men”, *BJU International* 115, 978–986, 2015.

13. Vezi S. Eliassen şi C. Jørgensen, „Extra-pair mating and evolution of cooperative neighbourhoods”, *PLoS ONE* doi.org/10.1371./journal.pone.0099878, 2014; B.C. Sheldon and M. Mangel, „Love thy neighbour”, *Nature* 512, 381–382, 2014.
14. Aşa îl descriu în mod inspirat pe *Homo erectus* Alan Walker şi Pat Shipman în cartea *The Wisdom of Bones* (Vintage, 1997).
15. Vezi Dean *et al*., „Growth processes in teeth distinguish modern humans from *Homo erectus* and earlier hominins”, *Nature* 414, 628–631, 2001; şi comentariul aferent al lui Moggi-Cecchi, „Questions of growth”, *Nature* 414, 595–597, 2001.
16. Deşi cele mai vechi unelte Acheulean cunoscute se găsesc în Africa (vezi, de exemplu, Asfaw *et al*., „The earliest Acheulean from Konso-Gardula”, *Nature* 360, 732–735, 1992), cultura a primit numele de la St-Acheul, un sit arheologic din Franța unde a fost identificată prima dată.
17. © *The Atlantic Monthly*, 1975.
18. Vezi Joordens *et al*., „*Homo erectus* at Trinil on Java used shells for tool production and engraving”, *Nature* 518, 228–231, 2015.
19. Oamenii au fost întotdeauna surprinşi să afle că ființele umane sunt foarte strâns înrudite cu cimpanzeii, gorila şi urangutanul. Lăsând la o parte considerațiile religioase, ființele umane sunt şocant de diferite de aceste creaturi. Oamenii s-au schimbat foarte mult față de strămoşul comun pe care îl avem cu marile maimuțe, pe când marile maimuțe s-au schimbat mult mai puțin.
20. Cea mai veche fosilă cunoscută ce poate fi atribuită lui *Homo erectus* este un fragment de craniu descoperit în Peştera Drimolen din Africa de Sud, cu o vechime de peste 2 milioane de ani – vezi Herries *et al*., „Contemporaneity of *Australopithecus*, *Paranthropus* and early *Homo erectus* in South Africa”, *Science* 368 doi: 10.1126/science.aaw7293, 2020. Cel mai complet exemplu de *Homo erectus* african este scheletul unui tânăr din Kenya: vezi Brown et al., „Early Homo erectus skeleton from west Lake Turkana, Kenya”, *Nature* 316, 788–792, 1985. Forma longilină, zveltă a scheletului contrastează puternic cu trupurile mai îndesate ale hominienilor anteriori.
21. Vezi Zhu *et al*., „Hominin occupation of the Chinese Loess Plateau since about 2.1 million years ago”, *Nature* 559, 608–612, 2018.
22. Vezi Shen *et al*., „Age of Zhoukoudian *Homo erectus* determined with 26Al/10 Be burial dating”, *Nature* 458, 198–200, 2009; şi comentariul aferent al lui Ciochon şi Bettis, „Asian *Homo erectus* converges in time”, *Nature* 458, 153–154, 2009.
23. Vezi J. Schwartz, „Why constrain hominid taxic diversity?”, *Nature Ecology & Evolution,* 5 august 2019, https://doi.org/10.1038/s41559–029–0959–2 pentru o discuție tranşantă în favoarea diversității taxonomice la *Homo erectus*.

24. În timp ce toate speciile au în mod formal un nume binomial constând dintr-un gen (*Homo*) şi o specie (de pildă, *sapiens*) şi ar putea să mai primească un nume sub-specific (de pildă, ei bine, *sapiens*, rezultând astfel *Homo sapiens sapiens*), aceşti oameni străvechi au primit ulterior patru nume, *Homo erectus ergaster georgicus*, o mişcare unică în analele nomenclatorului (excepție făcând poate doar membrii familiei regale britanice) şi care subliniază faptul că apartenența lui *Homo erectus* implică o diversitate de opinii şi interpretări. Vezi L. Gabunia şi A. Vekua, „A Plio-Pleistocene hominid from Dmanisi, East Georgia, Caucasus", *Nature* 373, 509–512, 1995; Lordkipanidze *et al.*, „A complete skull from Dmanisi, and the evolutionary biology of early *Homo*", *Science* 342, 326–331 (2013), pentru acest nume remarcabil şi o discuție despre problemele foarte reale ale introducerii fără discernământ a specimenelor fosile în ceea ce ar fi putut fi specii de o varietate necunoscută.
25. Vezi Rizal *et al.*, „Last appearance of *Homo erectus* at Ngandong, Java, 117,000–108,000 years ago", *Nature* 577, 381–385, 2020.
26. See Swisher *et al.*, „Latest *Homo erectus* of Java: potential contemporaneity with *Homo sapiens* in Southeast Asia", *Science* 274, 1870–1874, 1996.
27. Vezi Ingicco *et al*., „Earliest known hominin activity in the Philippines by 709 thousand years ago", *Nature* 557, 233–237, 2018.
28. Vezi Détroit *et al*., „A new species of *Homo* from the Late Pleistocene of the Philippines", *Nature* 568, 181–186, 2019, şi comentariul aferent al lui Tocheri, „Previously unknown human species found in Asia raises questions about early hominin dispersal from Africa", *Nature* 568, 176–178, 2019.
29. Vezi Brown *et al*., „A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia", *Nature* 431, 1055–1061, 2004, cu comentariul aferent al lui Mirazón Lahr şi Foley, „Human evolution writ small", *Nature* 431, 1034–1044, 2004; Morwood *et al*., „Further evidence for small-bodied hominins from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia", *Nature* 437, 10112–1017, 2005, şi colecția online „The Hobbit at 10", https://www.nature.com/collections/baiecchdeh.
30. Vezi Sutikna *et al*., „Revised stratigraphy and chronology for *Homo floresiensis* at Liang Bua in Indonesia", *Nature* 532, 366–369, 2016; van den Bergh *et al*., „*Homo floresiensis*-like fossils from the early Middle Pleistocene of Flores", *Nature* 534, 245–248, 2016.; Brumm *et al*., „Early stone technology on Flores and its implications for *Homo floresiensis*", *Nature* 441, 624–628, 2006.
31. Aceşti şobolani există încă şi sunt însoțiți de şobolani de mărime medie şi mică. Când am vizitat peştera Liang Bua de pe insula Flores, acolo unde fuseseră dezgropate primele specimene de *Homo floresiensis*, am petrecut o zi minunată ajutând-o pe Dr. Hanneke Meijer să sorteze în

diferite clase de mărime sutele de oase de şobolani, alături de sutele de oase de lilieci şi de mai puţinele, dar foarte preţuitele oase de păsări – de care Hanneke era interesată în mod special. Aceste oase fuseseră curăţate până şi de ultimul gram de sediment scos din pământ şi puse în saci marcaţi cu locaţia precisă 3–D în care sedimentul fusese descoperit. Lucrătorii căraseră sacii grei până la baza dealului, la orezării, cernuseră oasele şi le aduseseră înapoi să le studiem. Orice excavaţie trebuie să-i cinstească pe cei mulţi care, prin munca lor istovitoare, fac posibile descoperirile importante, cele anunţate cu surle şi trâmbiţe în revistele internaţionale.

32. Victoria Herridge mi-a reamintit să menţionez în mod special elefanţii pitici. Nu mă pot abţine să nu-mi imaginez cum elefanţii şi oamenii au devenit din ce în ce mai mici până când au ajuns microscopici şi, practic invizibili, au dispărut din vedere, precum protagonistul din *The Invisible Shrinking Man*.
33. Vezi Bermúdez de Castro *et al*., „A hominid from the lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to Neanderthals and modern humans”, *Science* 276, 1392–1395, 1997; Parfitt *et al*., „Early Pleistocene human ocuppation at the edge of the boreal zone on northwest Europe”, *Nature* 466, 229–233, 2010, şi comentariul aferent al lui Roberts şi Grün, „Early human northerners”, *Nature* 466, 189–190, 2010; Ashton *et al*., „Hominin footprints from Early Pleistocene Deposits at Happisburgh, UK”, *PLoS ONE* https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088329, 2014.
34. Vezi Walker *et al*., „The dental proteome of *Homo antecessor*”, *Nature* 580, 235–238, 2020.
35. Vezi H. Thieme, „Lower Palaeolithic funting spears from Germany”, *Nature* 385, 807–810, 1997.
36. Vezi Roberts *et al*., „A hominid tibia from Middle Pleistocene sediments at Boxgrove, UK”, *Nature* 369, 311–313, 1994.
37. Vezi Arsuaga *et al*. „Three new human skulls from the Sima de los Huesos Middle Pleistocene site in Sierra de Atapuerca, Spain”, *Nature* 362, 534–537, 1993.
38. ADN-ul nuclear dovedeşte că indivizii de la Atapuerca erau mai strâns înrudiţi cu neanderthalienii decât cu orice alt hominian. Vezi Meyer *et al*., „Nuclear DNA sequences from the Middle Pleistocene Sima de los Huesos hominins”, *Nature* 531, 504–507, 2016.
39. Vezi Jaubert *et al*., „Early Neanderthal constructions deep in Bruniquel Cave in southwestern France”, *Nature* 534, 111–114, 2016; şi comentariul aferent al lui Soressi, „Neanderthals built underground”, *Nature* 534, 43–44, 2016.

40. Denisovanii au primit numele de la peştera din Munţii Altai, din sudul Siberiei, unde rămăşiţele lor au fost identificate pentru prima dată. Ei nu au – încă – un nume zoologic formal.
41. Vezi Chen *et al*., „A late Middle Pleistocene Denisovan mandible from the Tibetan Plateau”, *Nature* 569, 409–412, 2019.
42. Dacă e aşa, au lăsat foarte puţine urme. S-a susţinut, foarte controversat, că un loc de ucidere a mastodonţilor din sudul Californiei, datând de aproximativ 125 000 de ani, a fost creat prin acţiunea omului. Dacă aşa stau lucrurile, asta s-a petrecut cu mult înaintea celei mai optimiste estimări a unei ocupaţii umane timpurii a Americilor, care este socotită a fi avut loc acum maximum 30 000 de ani. Vezi Holen *et al*., „A 130,000–year-old archaeological site in southern California, USA”, *Nature* 544, 479–483, 2017.
43. Ei sunt cunoscuţi sub numele de „denisovani”, după numele peşterii Denisova din Munţii Altai, în sudul Siberiei, unde rămăşiţele lor au fost identificate pentru prima dată. Vezi Reich *et al*., „Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia”, *Nature* 468, 1053–1060, 2010; şi comentariul aferent al lui Bustamante şi Henn „Shadows of early migrations”, *Nature* 468, 1044–1045, 2010.

11. SFÂRŞITUL PREISTORIEI

1. Vezi Navarrete *et al*., „Energetic and the evolution of human brain size”, *Nature* 480, 91–93, 2011; R. Potts, „Big brains explained”, *Nature* 480, 43–44, 2011.
2. Selecţia naturală a favorizat de asemenea preferinţa masculină pentru forme mai curbate ale corpului feminin: vezi D.W. Yu şi G.H. Shepard Jr., „Is beauty in the eye of the beholder?”, *Nature* 396, 321–322, 1998.
3. Vezi K. Hawkes, „Grandmothers and the evolution of human longevity”, *American Journal of Human Biology* 15, 380–400, 2003. Nu mai e nevoie să spun, ipoteza bunicii, ca orice altceva din povestea vieţii umane, este controversată, dar mi se pare cea mai logică.
4. Asta explică de ce bărbaţii au sfârcuri. Deoarece femeile au sâni şi sfârcuri, masculii au şi ei sfârcuri, deşi mai mici şi nefuncţionale. Ele implică şi un cost: cancerul de sân apare nu doar la femei, ci şi la bărbaţi, dar e rar. În mod paradoxal, evoluţia preferinţelor feminine în privinţa alegerii partenerului menţin trăsături altfel nocive la masculi. Vezi P. Muralidhar, „Mating preferences of selfish sex chromosomes”, *Nature* 570, 376–379; M. Kirkpatrick, „Sex chromosomes manipulate mate choice”, *Nature* 570, 311–312, 2019.
5. Îi sunt îndatorat lui Simon Conway Morris pentru această idee.
6. Jared Diamond speculează că apariţia diabetului de tip 2, mai ales în rândul peroanelor care până nu demult au avut o dietă de subzistenţă, este rezultatul unei treceri bruşte la stilurile de viaţă occidentale în care

foametea este de domeniul trecutului şi consumul excesiv de alimente dulci este la ordinea zilei. Vezi Diamond, „The double puzzle of diabetes", *Nature* 423, 599–602, 2003.

7. *Homo rhodesiensis*, o creatură similară lui *Homo heidelbergensis*, a trăit în Africa Centrală acum aproximativ 300 000 de ani (Grün *et al*., „Dating the skull from Broken Hill, Zambia, and its position in human evolution", *Nature* 580, 372–375, 2020), dar au existat şi alții. O specie de hominieni cu un craniu uimitor de arhaic a trăit în Nigeria până acum 11 000 de ani (Harvati *et al*., „The Later Stone Age calvaria from Iwo Eleru, Nigeria: morphology ad chronology", *PLoS ONE* https://foi.org/10.1371/journal.one. 0024024.2011). Există dovezi şi ale altor specii arhaice în Africa, păstrate doar ca ADN fragmentar la oamenii moderni – asemenea unor pisici de Cheshire care dispar din vedere până când nu mai rămâne din ele decât zâmbetul (vezi, de exemplu, Hsieh *et al*., „Model-based analysis of whole genome data reveal a complex evolutionary history involving archaic introgression in Central african Pygmies", *Genome Research* 26, 291–300, 2016).
8. Cele mai vechi dovezi cunoscute ale primelor manifestări ale lui *Homo sapiens* au o vechime de aproximativ 315 000 de ani şi provin din Maroc (vezi Hublin *et al*., „New fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the pan-African origin of *Homo sapiens*", *Nature* 546, 289–292, 2017; Richter *et al*., „The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age", *Nature* 546, 293–296, 2017; Stringer şi Galway-Witham, „On the origin of our species", *Nature* 546, 212–214, 2017). Alte specimene timpurii de *Homo sapiens* includ rămăşiţe din Kibish, datând de acum aproximativ 195 000 de ani (McDougall *et al*., „Stratigraphic placement and age of modern humans from Kibish, Ethiopia", *Nature* 433, 733–736, 2005), şi Middle Awash, tot în Etiopia (vezi White *et al*., „Pleistocene *Homo sapiens* from Middle Awash, Ethiopia", *Nature* 423, 742–747, 2003; Stringer, „Out of Ethiopia", *Nature* 423, 693–695, 2003).
9. Harvati *et al*., „Apidima Cave fossils provide earlier evidence of Homo sapiens in Eurasia", *Nature* 571, 500–504, 209; McDermott *et al*., „Mass-spectometric U-series dates for Israeli Neanderthal/early modern hominid sites", *Nature* 363, 252–255, 1993; Hershkovitz *et al*., „The earliest modern humans outside Africa", *Science* 359, 456–459, 2018.
10. Vezi Chan *et al*., „Human origins in a southern African palaeowetland and first migrations", *Nature* 575, 185–189, 2019.
11. Vezi Henshilwood *et al*., „A 100,000–year-old Ochre-Processing Workshop at Blombos Cave, South Africa", *Science* 334, 219–222, 2011.
12. Vezi Henshilwood *et al*., „An abstract drawing from the 73,000–year-old levels at Blombos Cave, South Africa", *Nature* 562, 115–118, 2018.

13. Vezi Brown *et al*., „An early and enduring advanced technology orginating 71,000 years ago in South Africa", *Nature* 491, 590–593.
14. Vezi Rito *et al*., „A dispersal of *Homo sapiens* from southern to eastern Africa immediately preceded the out-of-Africa migration", *Scientific Reports* 9, 4728, 2019.
15. Toba a micşorat faimoasa erupţie a vulcanului Tambora, tot din Indonezia, în 1815. Evenimentul a inaugurat „Anul fără vară", când un grup de radicali care sperau să se bucure de o vacanţă de vară s-au ascuns în schimb într-o vilă de pe malul Lacului Geneva şi s-au amuzat compunând poveşti de groază. Unul dintre ei a fost adolescenta Mary Shelley, care a scris o nuvelă romantică intitulată *Frankenstein; or, The Modern Prometheus*. În mod evident, ceva pentru o zi ploioasă.
16. Vezi Smith *et al*., „Humans thrived in South Africa through the Toba eruption about 74,000 years ago", *Nature* 555, 511–515, 2018.
17. Vezi Petraglia *et al*., „Middle Paleolithic assemblages from the Indian Subcontinent before and after the Toba super-eruptlon", *Science* 317, 114–116, 2007.
18. Vezi Westaway *et al*., „An early modern human presence in Sumatra 73,000–63,000 years ago", *Nature* 548, 322–325, 2017.
19. Lucru demonstrat în cazul australopitecilor. Analiza chimică a oligoelementelor din smalţul dinţilor de australopitec arată că indivizii mai mici – presupuşi a fi fost femei – s-au deplasat în timpul vieţii mai departe decât masculii. Vezi Copeland *et al*., „Strontium isotope evidence for landscape use by early hominins", *Nature* 474, 76–78, 2011; M.J. Schoeninger, „In search of the australopithecines", *Nature* 474, 43–45, 2011.
20. Vezi A. Timmermann şi T. Friedrich, „Late Pleistocene climate drivers of early human migration", *Nature* 538, 92–95, 2016.
21. Clarkson *et al*., „Human occupation of northern Australia by 65,000 years ago", *Nature* 547, 306–310, 2017.
22. Vezi, de exemplu, F.A. Villanea şi J.G. Schraiber, „Multiple episodes of interbreeding between Neanderthals and modern humans", *Nature Ecology & Evolution*, 3, 39–44, 2019, cu comentariul aferent al lui F. Mafessoni, „Encounters with archaic hominins", *Nature Ecology & Evolution*, 3, 14–15, 2019; Sankararaman *et al*., „The genome landscape of Neanderthal ancestry in present-day humans", *Nature* 507, 354–357, 2014.
23. Vezi Huerta-Sánchez *et al*., „Altitude adaptation in Tibetans caused by intregression of Denisovan-like DNA", *Nature* 512, 194–197, 2014.
24. Vezi Hublin *et al*., „Initial Upper Palaeolithic Homo sapiens from Bacho Kiro Cave, Bulgaria", *Nature* 581, 299–302, 2020, cu raportul aferent al lui Fewlass *et al*., „A 14 C chronology for the Middle to Upper Palaeolithic transition at Bacho Kiro Cave, Bulgaria „, *Nature Ecology & Evolution* 4,

794–801, 2020, şi comentariul aferent al lui Banks, „Puzzling out the Middle-to-Upper-Palaeolithic transition”, *Nature Ecology & Evolution* 4, 775–776, 2020. Vezi şi M. Cortés-Sanchéz *et al*., „An early Aurignacian arrival in south-western Europe”, *Nature Ecology & Evolution* 3, 207–212, 2019; Benazi *et al*., „Early dispersal of modern humans in Europe and implications for Neanderthal behaviour”, *Nature* 479, 525–528, 2011.

25. Vezi Higham *et al*., „The timing and spatiotemporal patterning of Neanderthal disappearance”, *Nature* 512, 306–309, 2014, şi comentariul aferent al lui W. Davies, „The time of the last Neanderthals”, *Nature* 512, 260–261, 2014.
26. „Vrei să-mi spui că *au copulat*?” l-a întrebat, pe un ton tăios, un bătrânel sceptic din public pe un vorbitor care aborda acest subiect sensibil la o reuniune despre ADN-ul antic la Royal Society din Londra. Aşezat undeva în spate, am fost tentant să mă ridic şi să răspund, pe un ton la fel de imperios, că „nu numai că au copulat, dar uniunea lor a fost binecuvântată cu odrasle!” Mi-am ținut gura.
27. Vezi Koldony şi Feldman, „A parsimoniuos neutral model suggests Neanderthal replacement was determined by migration and random species drift”, *Nature Communications* 8, 1040, 2017; şi C. Stringer şi C. Gamble, *In Search of the Neanderthals* (London: Thames and Hudson, 1994). Mecanisme similare au fost observate şi la alte specii. Veverița cenuşie din America de Nord, de exemplu, a fost adusă în Marea Britanie în secolul al XVIII-lea. Două sute de ani mai târziu, ea înlocuise efectiv veverița roşie autohtonă grație unei înmulțiri mai rapide şi unei atitudini mai agresive față de păstrarea teritoriului. Vezi Okubo *et al*., „On the spatial spread of the grey squirrel in Britain”, *Proceedings of the Royal Society of London* B, 238, 113–125, 1989.
28. Vezi Zilhão *et al*., „Precise dating of the Middle-to-Upper Paleolithic transition in Murcia (Spain) supports late Neanderthal persistence in Iberia”, *Heliyon* 3, e00435, 2017.
29. Slimak *et al*., „Late Mousterian persistence near the Arctic Circle”, *Science* 332, 841–845, 2011.
30. Vaesen *et al*., „Inbreeding, Allee effects and stochasticity might be sufficient to account for Neanderthal extinction”, *PLoS ONE* 14, e0225117, 2019.
31. J. Diamond, „The last people alive”, *Nature* 370, 331–332, 1994.
32. Fu *et al*., „An early modern human from Romania with a recent Neanderthal ancestor”, *Nature* 524, 216–219.
33. Conard *et al*., „New flutes document the earliest musical tradition in southwestern Germany”, *Nature* 460, 737–740, 2009.
34. Conard, „Paleolithic ivory sculptures from southwestern Germany and the origins of figurative art”, *Nature* 426, 830832, 2003.

35. Vezi Aubert *et al*., „Pleistocene cave art from Sulawesi, Indonesia”, *Nature* 514, 223–227, 2014; Aubert *et al*., „Paleolithic cave art in Borneo”, *Nature* 564, 254–257, 2018.
36. Lubman, „Did Paleolithic cave artists intentionally paint at resonant cave locations?”, *Journal of the Accoustical Society of America*, 141, 3999, 2017.

12. TRECUTUL VIITORULUI

1. Eu numesc asta „Principiul Karenina”. Sunteți bineveniți.
2. *Dark Eden*, un roman de Chris Beckett (Corvus, 2012) îl are drept protagonist pe un anume John Redlantern, unul dintre cei 532 de descendenți ai unui cuplu de astronauți naufragiați pe o planetă îndepărtată. Este o poveste tulburătoare despre eforturile disperate ale unei mici comunități de a supraviețui în ciuda efectelor unei malformații congenitale produse de consangvinizare.
3. Ne gândim la povestea tragică a lui *Dedeckera eurekensis*, un arbust limitat la Deşertul Mojave. El a evoluat în circumstanțe mai blânde, dar neadaptarea a dus la o serie de anomalii genetice care au asigurat un eşec aproape total al reproducerii. Vezi Wiens *et al*., „Developmental failure and loss of reproductive capacity in the rare palaeoendemic shrub *Dedeckera eurekensis*”, *Nature* 338, 65–67, 1989.
4. Vezi A. Slang *et al*., „Indirect evidence for an extinction debt of grassland butterflies half century after habitat loss”, *Biological Conservation* 143, 1405–1413, 2010.
5. Vezi Tilman et al., „Habitat destruction and the extinction debt”, *Nature* 371, 65–66, 1994.
6. Vezi A.J. Stuart, *Vanished Giants* (Chicago: University of Chicago Press, 2020) pentru o descriere comprehensivă şi uşor de citit a extincțiilor de la sfârşitul Pleistocenului.
7. Vezi Stuart *et al*., „Pleistocene to Holocene extinction dynamics in giant deer and wooly mammoth”, *Nature* 431, 684–689, 2004.
8. De exemplu, în teza mea de doctorat nepublicată şi necitită, *Bovidae from the Pleistocene of Britain* (Fitzwilliam College, University of Cambridge, 1991), arăt că un tip de bizon mic şi robust a fost comun în Britania la jumătatea celei mai recente Perioade de Răcire, dar a fost înlocuit de o formă mai mare, pe măsură ce Perioada de Răcire a avansat. Bizonul a fost comun şi în timpul precedentei interglaciații Ipswich, însă era de un gen mai mare şi a trăit în Anglia, însă nu pe Valea Tamisei – pe atunci, Londra era țara zimbrilor. În Hoxnian, cu o interglaciație sau două înainte de asta, zimbrii erau comuni şi n-ai fi găsit vreun bizon pe undeva, nici să fi plătit pentru el. Însă chiar şi mai *înainte* de asta, în Cromerian, nu existau deloc zimbri, dar existau bizoni – de un alt gen. Numai că în Marea Britanie, sedimentele din Pleistocen sunt obişnuite şi

(relativ) uşor de ordonat. O asemenea soluție n-ar fi posibilă cu depozitele din Permian, să zicem.

9. S-a considerat multă vreme că sosirea oamenilor în Americi nu ar fi putut avea loc mai devreme de acum 15 000 de ani. Însă noua arheologie şi metodele de datare revizuite confirmă că oamenii au fost prezenți, chiar dacă sporadic, încă de acum 30 000 de ani sau chiar mai devreme. Vezi L. Becerra-Valdivia şi T. Highman, „The timing and effect of the earliest human arrivals in North America", doi.org/10.1038/s41586–020–2491–6, 2020; Ardelean *et al*., „Evidence of human occupation in Mexico around the Last Glacial Maximum", *Nature* 584, 87–92, 2020.
10. La fel şi Luna. Cum însă povestea de față este despre viața pe Pământ, acest aspect depăşeşte, fără îndoială, atribuțiile mele.
11. Vezi Piperno *et al*., „Processing of wild cereal grains in the Upper Palaeolithic revealed by starch grain analysis", *Nature* 430, 670–673, 2004.
12. Vezi J. Diamond, „Evolution, consequences and future of plant and animal domestication", *Nature* 418, 700–707, 2002.
13. Vezi Krausmann *et al*., „Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110, 10324–10329, 2013.
14. Dacă vreți să ştiți, m-am născut în 1962. „Good Luck Charm" de Elvis Presley era pe prima poziție în Bilboard Hot 100 şi de asemenea în topul pop din UK.
15. Rata Totală a Fertilității (RTF) – rata la care trebuie să se nască bebeluşi pentru a depăşi rata mortalității – este de 2,1 copii per mamă, dar se mai adaugă puțin pentru a compensa posibilitatea unui avort spontan şi faptul că bebeluşii de sex masculin sunt mai susceptibili să moară decât cei de sex feminin. În anul 2100, 183 de țări (din 195 studiate) vor avea o RTF mai scăzută decât aceasta şi populația va fi mai mică decât este acum. În unele țări, precum Spania, Thailanda şi Japonia, populația se va fi înjumătățit până la acea dată. Vezi Vollset *et al*., „Fertility, mortality, migration and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study", *The Lancet* doi.org/10.1016/S0140–6736(20)20677–2, 2020.
16. Vezi Kaessmann *et al*., „Great ape DNA sequences reveal a reduced diversity and an expansion in humans", *Nature Genetics* 27, 155–156, 2001; Kaessmann *et al*., „Extensive nuclear DNA sequence diversity among chimpanzees", *Science* 286, 1159–1162, 1999.
17. Aş zice că, de aici încolo, cam tot ce spun sunt presupuneri sau ceea ce oamenii de ştiință numesc lucruri inventate. După cum spunea cândva cineva, predicția este foarte dificilă, mai ales despre viitor.

18. Am împrumutat această imagine captivantă din *After Man: A Zoology of the Future* (Granada Publishing, 1982), în care Dougal Dixon speculează cu privire la animalele ce vor fi evoluat după 50 de milioane de ani de la dispariția omenirii. „Vânătorul nopții" este un carnivor înspăimântător, provenit din liliac, care bântuie prin pădurile întunecate ale unui continent vulcanic nou format, numit Batavia, colonizat doar de lilieci. Creaturile evoluează pentru a ocupa multe nişe ecologice deosebite de lilieci.
19. Dacă vreți să stați treji noaptea şi să vă faceți griji, citiți *The Life and Death of Planet Earth* de Peter Ward şi Donald Brownlee (Times Books, Henry Holt and Co., 2002), în care aceşti doi factori sunt explorați fără milă.
20. Concentrația atmosferică a bioxidului de carbon în ultimii 800 000 de ani sau cam aşa nu a depăşit niciodată 300 ppm. În 2018, ea a trecut de 400 ppm ca urmare a activității umane, o concentrație nemaiîntâlnită de peste 3 milioane de ani. Vezi K. Hashimoto, „Global temperature and atmospheric carbon dioxide concentration", în *Global Carbon Dioxide Recycling*, SpringerBriefs in Energy (Singapore: Springer, 2019).
21. Lucrurile sunt mai complicate, evident. Imaginea pe care tocmai am zugrăvit-o se bazează pe ideea că doar roca de silicat, stearpă şi lipsită de viață, este erodată. Deşi acest lucru a fost adevărat cu miliarde de ani în urmă, prezența vieții a schimbat jocul. Prezența materiei organice şi a rocilor sedimentare bogate în carbonat influențează rata eroziunii, în moduri greu de prezis, atât pozitiv, cât şi negativ (R.G. Hilton şi A.J. West, „Mountains, erosion and the carbon cycle", *Nature Reviews Earth & Environment* 1, 284–299, 2020). În plus, cea mai mare cantitate de carbon pe uscat este înmagazinată într-un substrat generat în întregime de viață: solul. Temperatura în creştere stimulează o mai mare respirație a microbilor din sol, ceea ce are ca rezultat o eliberare a bioxidului de carbon în atmosferă (Crowther *et al*., „Quantiyfing global soil carbon losses in response to warming", *Nature* 540, 104–108, 2016). Aceste procese şi altele influențează transferul de bioxid de carbon din atmosferă în ocean.
22. O altă complicație este că Pământul s-ar putea să fi fost lovit o dată sau de mai multe ori de asteroizi, în urmă cu aproximativ 800 de milioane de ani: un studiu al craterelor de pe Lună indică o creştere a numărului de impacturi cam pe atunci. Vezi Terada *et al*., „Asteroid shower on the Earth-Moon system immediately before the Cryogenian period revealed by KAGUYA", *Nature Communications* 11, 3453, 2020.
23. Vezi Simon *et al*., „Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants", *Nature* 363, 67–69, 1993.
24. Vezi Simard *et al*., „Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field", *Nature* 388, 579–582, 1997; Song *et al*., „Defoliation

of interior Douglas-fir elicits carbon transfer and stress signaling to ponderosa pine neighbors through ectomycorrhizal networks", *Scientific Reports* 5, 8495, 2015; J. Whitfield, „Underground networking", *Nature* 449, 136–138, 2007.

25. Smith *et al*., „The fungus *Armillaria bulbosa* is among the largest and oldest living organisms", *Nature* 356, 428–431, 1992.
26. Himenopterele au început să se diversifice acum aproximativ 281 de milioane de ani (Peters *et al*., „Evolutionary history of the Hymenoptera", *Current Biology* 27, 1013–1018, 2017); cele mai vechi molii cunoscute au trăit acum 300 de milioane de ani (Kawahara *et al*., „Phylogenomics reveals the evolutionary timing and pattern of butterflies and moths", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 116, 22657–22663, 2019).
27. Pentru un ghid util care explică de ce, atunci când mâncăm o smochină, nu ni se umple gura de viespi, vezi J.M. Cook şi S.A. West, „Figs and fig wasps", *Current Biology* 15, R978–R980, 2005.
28. Vezi C.A. Sheppard şi R.A. Oliver, „Yucca moths and yucca plants: discovery of «the most wonderful case of fertilisation»„, *American Entomologist* 50, 32–46, 2004.
29. Vezi D.M. Gordon, „The rewards of restraint in the collective regulation of foraging by harvester and colonies", *Nature* 498, 91–93, 2013.
30. O temă discutată de E.O. Wilson în cartea *The Social Conquest of Earth* (New York: Liveright, 2012).
31. Oamenii de ştiinţă sunt cu toţii de acord că va exista un supercontinent peste 250 de milioane de ani, însă opiniile diferă în privinţa formei sale precise. Una dintre ipoteze ar fi că Americile se vor deplasa spre vest până când întâlnesc estul Asiei, făcând să dispară Oceanul Pacific. Alta susţine că Americile vor fi atrase, aşa cum au făcut în trecut, către marginea vestică a Eurasiei, închizând Atlanticul. Cartea lui Ted Nield *Supercontinent* explică raţionamentele care stau la baza acestor scenarii.
32. Pentru o bună introducere în biosfera profundă, vezi A.L. Mascarelli, „Low life", *Nature* 459, 770–773, 2009.
33. Vezi Borgonie *et al*., „Eukaryotic opportunists dominate the deep-subsurface biosphere in South Africa", *Nature Communications* 6, 8952, 2015; Borgonie *et al*., „Nematoda from the terrestrial deep subsurface of South Africa", *Nature* 474, 79–81, 2011.
34. Omul de ştiinţă a fost un anume N.A. Cobb, care a schiţat acest portret al viermilor rotunzi în „Nematodes and their relationships", *United States Department of Agriculture Yearbook* (Washington D.C.: US Department of Agriculture, 1914), p. 472.
35. Modele ale ciclului carbonului sugerează că viaţa va înceta într-un viitor cuprins între 900 de milioane şi 1,5 miliarde de ani. Un miliard de ani mai târziu, oceanele vor clocoti. Vezi K. Caldeira şi J.F. Kasting, „The life

span of the biosphere revisited", *Nature* 360, 721–723, 1992. Ce se întâmplă după aceea va depinde de viteza cu care fierb oceanele. Repede – şi Pământul se va usca şi va deveni o planetă fierbinte şi pustie. Lent – şi o mare parte a atmosferei va învălui Pământul, creând un efect de seră atât de puternic încât suprafaţa planetei se va topi. Aceste viziuni încântătoare sunt explicate pas cu pas de P. Ward şi D. Brownlee în *The Life and Death of Planet Earth* (New York, Henry Holt and Co., 2002). În final, nu va mai avea nicio importanţă: peste alte câteva miliarde de ani, Soarele se va transforma într-un „Gigant Roşu" care va umple cerul, făcând scrum Pământul şi posibil consumându-l, înainte de a se debarasa de cea mai mare parte din masa sa sub forma unei aşa-numite „nebuloase planetare" şi a-l reduce la dimensiunile unei minuscule stele pitice albe, ce-ar putea dăinui trilioane de ani. Oricât ar fi de masiv, Soarele nu este îndeajuns de mare pentru a exploda şi a deveni o supernovă, semănând noi generaţii de stele, planete şi viaţă.

EPILOG

1. Vezi Barnosky *et al*., „Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?", *Nature* 471, 51–57, 2011.
2. Vezi https://www.carbonbrief.org/analysis-uk-renewables-generate-more-electricity-than-fossil-fules-for-the-first-time, accesat 26 iulie 2020.
3. Vezi, de exemplu, cartea lui Paul Ehrlich *The Population Bomb*. Pentru o estimare a efectelor sale o jumătate de secol mai târziu, vezi https://www.smithsonianmag.com/innovation/book-incited-world-wide-fear-overpopulation-180967499/ – accesat 26 iulie 2020.
4. Vezi htpps://ourworldindata.org/energy, accesat 26 iulie 2000.
5. Vezi Friedman *et al*., „Measuring and forecasting progress towards the education-related SDG targets", *Nature* 580, 636–639, 2020.
6. Vezi Vollset *et al*., „Fertility, mortality, migration and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study", *The Lancet* doi.org/10.1016/S0140–6736(20)20677–2, 2020.
7. Vezi, de exemplu, Horneck *et al*., „Space microbiology", *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 74, 121–156, 2010. Posibilitatea ca vieţuitoarele (cu excepţia oamenilor) să poată călători între planete este un lucru pe care am ales să nu-l discut în această carte.
8. ...şi toţi de sex masculin, ceea ce limitează cumva oportunităţile.

Contents

1. 1
2. Un cântec de foc şi gheaţă

3. 2
4. Animalele se adună
5. 3
6. Apare coloana vertebrală
7. 4
8. Invazia uscatului
9. 5
10. Ridicați-vă, amniote
11. 6
12. Triasic Park
13. 7
14. Dinozauri în zbor
15. 8
16. Acele mamifere magnifice
17. 9
18. Planeta Maimuțelor
19. 10
20. În toată lumea
21. 11
22. Sfârşitul preistoriei
23. 12

24. Trecutul viitorului
25. Epilog
26. Lecturi suplimentare
27. Mulțumiri
28. Note